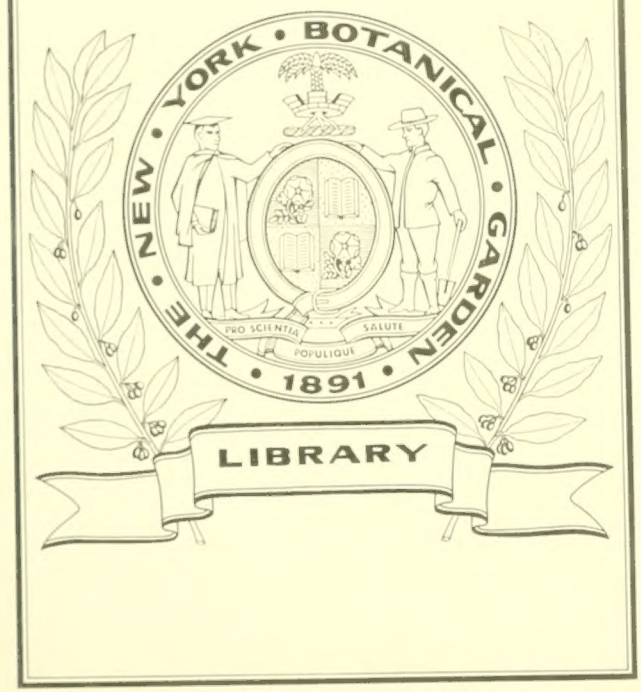
XM
.E5

Vol. 34
1902/05



MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 34

Fascicule 1 — (Mars 1902)

Partie Administrative

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

PRIX : FR. 2.—

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 1, VOLUME 34

Pages

Avertissement 1

Modifications aux articles 39, 40 et 41 des règlements de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève 3

Tableau des membres de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève au 1er janvier 1902 5

Liste des associations scientifiques avec lesquelles la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève fait échange de publications (1902) 11

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1900 par M. le professeur R. Chodat 19

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1901 par M. le professeur Louis Duparc 35

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Volume 34
(1902-1905)

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

1902-1905

.E5
v.34
1902-05

GENÈVE
IMPRIMERIE W. KÜNDIG & FILS

TABLE DES MATIÈRES

du Volume 34 (1902-1905).

FASCICULE 1 (Mars 1902).

Pages.

Avertissement 1

Modifications aux articles 39, 40 et 41 des règlements de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève 3

Tableau des membres de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève au 1er janvier 1902 5

Liste des associations scientifiques avec lesquelles la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève fait échange de publications (1902) 11

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1900 par M. le professeur R. Chodat 19

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'annee 1901 par M. le professeur Louis Duparc 35

FASCICULE 2 (Juin 1902).

Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Rastesskaya et Kizélowskaya-Datcha (gouvernement de Perm), par Louis Duparc, professeur à l'Université de Genève, et Francis Pearce, docteur ès sciences, assistant du Laboratoire de minéralogie de l'Université. Premier mémoire, avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 16 clichés dans le texte 57

FASCICULE 3 (Mars 1903).

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1902 par M. le professeur Philippe-A. Guye 219

Marc Micheli. Leguminosæ langlasseanæ. Légumineuses récoltées dans les Etats mexicains de Michoacan et de Guerrero, pendant les années 1898 et 1899 par Eugène Langlassé. Avec 28 planches 241

FASCICULE 4 (Mars 1904).

Note sur une opération analytique et son application aux fonctions de Bessel, par M. C. Cailler, professeur à l'Université de Genève 295

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1903 par M. Paul van Berchem 309

FASCICULE 5 (Février 1905).

Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Rastesskaya et Kizélowskaya-Datcha (gouvernement de Perm), par Louis Duparc, professeur à l'Université de Genève, et Francis Pearce, docteur ès sciences, assistant du Laboratoire de minéralogie de l'Université. Deuxième mémoire avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 29 clichés dans le texte 385

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Pages.

Berchem (van) Paul. — Rapport du Président de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève pour 1903 369

Cailler, C. — Note sur une opération analytique et son application aux fonctions de Bessel 295

Chodat, R. — Rapport du Président de la Société de Physique et d'Histoire naturelle pour 1900 19

Duparc, Louis et Pearce, Francis. — Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Rastesskaya et Kizélowskaya-Datcha. Premier mémoire 57

Id. id. Deuxième mémoire 383

Guye, Philippe-A. — Rapport du Président de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève pour 1902 219

Micheli, Marc. — Leguminosæ langlasseanæ. Légumineuses récoltées dans les Etats mexicains de Michoacan et de Guerrero, pendant les années 1898 et 1899 . 213

Pearce, F. — Voy. Duparc, L.

AVERTISSEMENT

A partir de 1902, les volumes des *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* ne paraîtront plus en deux parties : ils seront composés d'un nombre indéterminé de fascicules renfermant chacun un ou plusieurs mémoires (voir ci-après les modifications aux art. 39-41 du règlement de 1894).

Afin de simplifier les recherches bibliographiques, il n'est pas commencé de nouvelle série, malgré les changements qui sont apportés dans le mode de publication et dans la disposition typographique du texte.

Le présent cahier, qui fait suite à la deuxième partie du tome XXXIII, forme donc le premier fascicule du volume **34**.

Les Bibliographies ou listes des ouvrages reçus par la Société, qui paraissaient jusqu'ici dans les volumes de Mémoires, seront supprimées. La Société considère que, désormais, le fait de l'envoi régulier de ses publications servira en lui-même d'accusé de réception vis-à-vis des Institutions qui veulent bien faire l'échange avec elle.

MODIFICATIONS

AUX ARTICLES 39, 40 ET 41 DES RÈGLEMENTS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Art. 39. — Les Mémoires, de format in-4°, contiennent des travaux inédits qui sont présentés à la Société et acceptés par le Comité de publication. Ils renferment en outre des rapports présidentiels et d'autres documents administratifs.

Art. 40. — Le mode de publication des Mémoires est fixé de la manière suivante :

1° Le volume ne sera plus divisé en deux parties. Il paraîtra par fascicules dont le nombre et la date de publication ne sont pas fixés d'avance et dont la réunion formera un volume de 500 à 700 pages. Une numérotation générale des pages se suivra dans le volume, du commencement à la fin. Chaque mémoire portera en outre une numérotation spéciale. Celle-ci sera inscrite au bas des pages et entre parenthèses.

Le volume et les planches seront numérotés en chiffres arabes.

En tête de chaque bonne page se trouvera, en abrégé, le titre du mémoire et, au verso, le nom de l'auteur. Le titre abrégé du volume, son numéro et l'année de publication seront indiqués en signature sur chaque feuille d'impression et sur

chaque planche. Ils figureront également sur les tirages à part. En tête du volume se trouveront :

a) un faux-titre :

b) un titre :

c) une table des matières avec titre *in extenso* disposée par ordre de publication et indiquant la date d'apparition de chacun des fascicules formant le volume.

Ces pièces liminaires, de même que la couverture du volume, seront envoyées avec le dernier fascicule.

2° Chaque fascicule renfermera un ou plusieurs mémoires. Il portera sur sa couverture la date de sa publication et son prix de vente et, au verso, l'indication des mémoires qu'il contient.

Il ne sera jamais publié de mémoire (ou « partie de mémoire ») incomplet dans un fascicule.

3° Les auteurs reçoivent gratuitement 25 tirages à part de leurs mémoires. Lorsqu'ils en demandent un plus grand nombre, ils leur sont livrés au prix de revient, à la condition, cependant, de ne pas être mis en vente. Les tirages à part ne seront jamais livrés aux auteurs avant l'expédition du fascicule.

Ils porteront, en tête de la première page, l'indication du volume auquel ils appartiennent.

Les tirages à part sont remis aux auteurs sans titre spécial et avec la couverture des fascicules.

4° Lorsqu'un fascicule renferme plusieurs mémoires, ces derniers ne se vendent pas séparément.

5° Le Comité de publication est chargé d'établir le chiffre du tirage et le prix de vente de chaque fascicule.

ART. 41. — Les Mémoires ne sont adressés à titre d'échange qu'à celles des sociétés correspondantes qui envoient à la Société de physique des publications d'importance analogue.

Les membres ordinaires, émérites et honoraires ont le droit de recevoir un exemplaire des Mémoires. Les associés libres ne le recevront que sur leur demande.

Les membres perdent leurs droits sur tout fascicule non réclamé dans les trois ans qui ont suivi sa publication.

TABLEAU DES MEMBRES

DE LA

SOCIETÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Au 1er janvier 1902.

1° MEMBRES ORDINAIRES RÉSIDANT A GENÈVE

RANGÉS PAR ORDRE D'ADMISSION

Date de leur réception.		
1853	MM.	*Henri* DE SAUSSURE entomologiste.
1854		*Marc* THURY, botaniste.
1861		*Casimir* DE CANDOLLE, botaniste.
—		*Perceval* DE LORIOL, paléontologiste.
1863		*Lucien* DE LA RIVE, physicien.
1864		*Victor* FATIO, zoologiste.
1865		*Arthur* ACHARD, ingénieur.
1867		*Marc* MICHELI, botaniste.
1868		*Jean-Louis* PREVOST, médecin.
1869		*Edouard* SARASIN, physicien.
—		*Ernest* FAVRE, géologue.
1873		*Emile* ADOR, chimiste.
—		*William* BARBEY, botaniste.

Date de leur réception

1874 MM. *Adolphe* D'ESPINE, médecin.
— *Eugène* DEMOLE, chimiste.
1876 *Théodore* TURRETTINI, ingénieur.
— *Pierre* DUNANT, médecin.
1878 *Jacques* BRUN, botaniste-médecin.
1879 *Charles* GRÆBE, chimiste.
— *Albert-A.* RILLIET, physicien.
1880 *Charles* SORET, physicien.
— *Auguste-H.* WARTMANN, médecin.
1882 *Gustave* CELLÉRIER, mathématicien.
1883 *Raoul* GAUTIER, astronome.
1884 *Maurice* BEDOT, zoologiste.
1887 *Amé* PICTET, chimiste.
1888 *Alphonse* PICTET, entomologiste.
— *Robert* CHODAT, botaniste.
1889 *Alexandre* LE ROYER, physicien.
— *Louis* DUPARC, géologue-minéralogiste.
— *F.-Louis* PERROT, physicien.
— *Eugène* PENARD, zoologiste.
— *Charles-Eugène* GUYE, physicien.
— *Emile* BURNAT, botaniste.
1890 *Paul* VAN BERCHEM, physicien.
— *André* DELEBECQUE, ingénieur.
— *Théodore* FLOURNOY, psychologue.
— *Albert* BRUN, minéralogiste.
— *Emile* CHAIX, géographe.
1892 *Charles* SARASIN, paléontologiste.
— *Philippe-A.* GUYE, chimiste.
1893 *Charles* CAILLER, mathématicien.
— *Maurice* GAUTIER, chimiste.
— *John* BRIQUET, botaniste.
1894 Mlle *C.* SCHEPILOFF, physiologiste.
— *Paul* GALOPIN, physicien.
1896 *Alfred* PREUDHOMME DE BORRE, entomologiste.
1896 *Etienne* RITTER, géologue.
1897 *Frédéric* REVERDIN, chimiste.

Date de leur réception.

1897 MM. *Théodore* LULLIN, physicien.
Arnold PICTET, entomologiste.
1898 *Justin* PIDOUX, astronome.
— *Auguste* BONNA, chimiste.
— *Henry* AURIOL, chimiste.
1900 *Emile* FREY-GESSNER, entomologiste.
Augustin DE CANDOLLE, botaniste.

2° MEMBRES ÉMÉRITES

1863 MM. *Henri* DOR, médecin, à Lyon.
1869 *Raoul* PICTET, physicien, à Paris.
1882 *Eugène* RISLER, agronome, à Paris.
1893 *J.-M.* CRAFTS, chimiste, à Boston.
1897 *D.* SULZER, ophtalmologue, à Paris.
1898 *F.* DUSSAUD, physicien, à Paris.

3° MEMBRES HONORAIRES

1849 MM. *Ch.* BRUNNER DE WATTENWYL, à Vienne.
1859 *Jules* MARCOU, à Cambridge, Mass.
1864 *A.* VON KÖLLIKER, à Wurzbourg.
M. BERTHELOT, à Paris.
1869 *F.* PLATEAU, à Gand.
— *Ed.* HAGENBACH, à Bâle.
1870 *Alb.* FALSAN, à St-Cyr, Rhône.
Ern. CHANTRE, à Lyon.
— *P.* BLASERNA, à Rome.
1872 *W.* KÜHNE, à Heidelberg.
— *S.-H.* SCUDDER, à Boston.
1874 *F.-A.* FOREL, à Morges.
— *A.* CORNU, à Paris.

Date de leur réception.

1874 MM. *S.-N.* LOCKYER, à Londres.
1876 *Eug.* RENEVIER, à Lausanne.
1879 *S.-P.* LANGLEY, à Allegheny, Pen.
1880 *H.-A. E.-A.* FAYE, à Paris.
— *E.* MAYO, à Florence.
— *Al.* AGASSIZ, à Cambridge, Mass.
1883 *Th.* DE HELDREICH, à Athènes.
— *H.* DUFOUR, à Lausanne.
1884 *L.* CAILLETET, à Paris.
— *Alb.* HEIM, à Zurich.
— *R.* BILLWILLER, à Zurich.
— *Ch.* DUFOUR, à Morges.
1886 *Alex.* HERZEN, à Lausanne.
1887 *Théoph.* STUDER, à Berne.
— *Eilh.* WIEDEMANN, à Erlangen.
1889 *A.* RADLKOFER, à Munich.
1892 *H.* EBERT, à Munich.
— *A.* DE BAEYER, à Munich.
— *Emile* FISCHER, à Berlin.
— *Emile* NOELTING, à Mulhouse.
— *A.* LIEBEN, à Vienne.
— *M.* HANRIOT, à Paris.
— *St.* CANNIZZARO, à Rome.
— *Léon* MAQUENNE, à Paris.
— *A.* HANTZSCH, à Wurzbourg.
— *A.* MICHEL-LÉVY, à Paris.
1894 *J.* HOOKER, à Sunningdale.
— *Ch.-Ed.* GUILLAUME, à Sèvres.
— *K.* BIRKELAND, à Christiania.
— *J.* AMSLER-LAFFON, à Schaffhouse.
— *W.* RAMSAY, à Londres.
1896 *Lord* KELVIN, à Londres.
— *A.* DHORN, à Naples.
1898 *W.* HIS, à Leipzig.
— *Aug.* RIGHI, Bologne.
1899 *W.* LOUGUININE, à Moscou.

Date de leur réception.

1900 MM. *H.-A.* LORENTZ, à Leyde.
H. NAGAOKA, à Tokio.
1901 *B.* WARTMANN, à St-Gall.

4° ASSOCIÉS LIBRES

1860 MM. *Th.* DE SAUSSURE.
1864 *J.* ODIER.
1867 *Ch.* MALLET.
1871 *H.* BARBEY.
1872 *Ag.* BOISSIER.
— *Luc.* DE CANDOLLE.
1873 *Ed.* DES GOUTTES.
— *H.* HENTSCH.
1874 *Ed.* FATIO.
1875 *H.* PASTEUR.
1876 *G.* MIRABAUD.
— *Wil.* FAVRE.
— *Em.* PICTET.
— *Ch.* RIGAUD.
— *Aug.* PREVOST.
1890 *Max* PERROT.
— *Al.* LOMBARD.
— *Ern.* PICTET.
— *L.* PICTET.
— *F.* BARTHOLONI.
1891 *G.* ADOR.
— *Ed.* MARTIN.
1892 *Edm.* PACCARD.
— *D.* PACCARD.
— *Edm.* EYNARD.
— *Aug.* BLONDEL.
1893 *Cam.* FERRIER.
— *L.* CARTIER.
— *Edm.* FLOURNOY.

Date de leur réception.		
1894	MM.	*G.* FRÜTIGER.
—		*Al.* NAVILLE.
1897		*Ed.* BERANECK.
—		*Edm.* WEBER.
—		*Em.* VEILLON.
1898		*Eug.* PITARD.
1899		*Guill.* PICTET.
–		*A.* BACH.
—		*P.* DUTOIT.
—		*Al.* BABEL.
–		*S.* KESER.
—		*F.* KEHRMANN.
1900		*Th.* TOMMASINA.
		R. DE SAUSSURE.
—		*F.* BATELLI.
–		*J.* MICHELI.
—		*Ed.* LONG.
1901		*Ed.* CLAPARÈDE
—		*F.* PEARCE.
—		*G.* HOCHREUTINER.

LISTE DES ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES

AVEC LESQUELLES LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

FAIT ÉCHANGE DE PUBLICATIONS

(1902)

Société de lecture.	Genève.
Classe d'industrie de la Société des Arts	Id.
Conservatoire botanique.	Id.
Musée d'histoire naturelle.	Id.
Herbier Boissier	Chambésy.
Polytechnicum fédéral	Zurich.
Société helvétique des Sciences naturelles	Berne.
Société botanique suisse.	Id.
Naturforschende Gesellschaft.	Id.
Naturforschende Gesellschaft.	Bale.
Société vaudoise des Sciences naturelles	Lausanne.
Société neuchâteloise des Sciences naturelles	Neuchatel.
St-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft . . .	St-Gall.
Naturforschende Gesellschaft.	Zurich.
Thurgauische Naturforschende Gesellschaft	Frauenfeld.

Aargauische Naturforschende Gesellschaft.	AARAU.
Naturwissenschaftliche Gesellschaft.	WINTERTHOUR.
Société fribourgeoise des Sciences naturelles	FRIBOURG.
Naturforschende Gesellschaft.	LUCERNE.
Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus . .	GLARIS.
Naturforschende Gesellschaft	SOLEURE.
Académie des Sciences	PARIS.
Muséum d'Histoire naturelle	Id.
Ecole des mines	Id.
Société de géographie	Id.
Société géologique de France	Id.
Société entomologique de France	Id.
Société zoologique de France	Id.
Ecole polytechnique	Id.
Société de spéléologie	Id.
Société d'Etudes scientifiques	ANGERS.
Société Linnéenne	BORDEAUX.
Société des Sciences physiques et naturelles	Id.
Société Linnéenne de Normandie	CAEN.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie.	CHAMBÉRY.
Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques	CHERBOURG.
Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres. . . .	DIJON.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts. . . .	LYON.
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie.	Id.
Université de Lyon	Id.
Académie des Sciences et Lettres.	MONTPELLIER.
Académie de Stanislas	NANCY.
Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres .	TOULOUSE.
Faculté des Sciences.	Id.
Société Florimontane	ANNECY.
Société des Sciences naturelles de la Charente-Inférieure	LA ROCHELLE.
Société d'Etude des Sciences naturelles.	BÉZIERS.
Revue Scientifique du Bourbonnais et du centre de la France	MOULINS.
Faculté des Sciences.	MARSEILLE.
Société des Sciences naturelles de l'ouest de la France .	NANTES.
Musée océanographique de S. A. R. le prince de Monaco.	MONACO.

R. Accademia dei Lincei	Rome.
R. Comitato geologico d'Italia	Id.
R. Istituto Lombardo di scienze e lettere	Milan.
Societa Italiana di Scienze naturali e Museo civico di storia naturale	Id.
R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti	Modène.
R. Accademia di Scienze, Lettere e Belle Arti	Palerme.
Societa Toscana di Scienze naturali	Pise.
R. Accademia delle Scienze	Turin.
R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti	Venise.
Museo Civico di Storia naturale	Gênes.
Societa Veneto-Trentina di Scienze naturali	Padoue.
Revista di Patologia Vegetale	Portici.
I. R. Accademia di Scienze, Lettere et Arti degli Agiati.	Rovereto.
R. Accademia delle Scienze fisiche e mathematiche	Naples.
Station zoologique	Naples.
R. Accademia delle Scienze dell'Istituto.	Bologne.
K. Akademie der Wissenschaften	Vienne.
K. K. Geologische Reichsanstalt	Id.
Zoologisch-botanische Gesellschaft	Id.
K. K. Naturhistorisches Hofmuseum	Id.
Section für Naturkunde des ö. T. C.	Id.
Verein der Geographen an der Universität.	Id.
K. K. Oesterr. Gradmessung's Bureau	Id.
Académie des Sciences de Hongrie (Magyar tudomanyos Akademia)	Buda-Pesth.
K. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften	Prague.
Académie tchèque François-Joseph pour les Sciences, les Belles-Lettres et les Beaux-Arts	Id.
Siebenbürgischer Museumverein	Kolozsvar.
Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark	Graz.
Académie des Sciences	Cracovie.
Société des Médecins et Naturalistes.	Jassy.
Jardin impérial de Botanique	Saint-Pétersbourg.
Observatoire physique central.	Id.
Académie impériale des Sciences	Id.
Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjeff	Dorpat.

Société des Sciences de Finlande (Finska vetenskaps Societeten)	Helsingfors.
Societas pro fauna et flora fennica	Id.
Société impériale des Naturalistes.	Moscou.
Société Physico-Mathématique	Kasan.
Académie des Sciences (Kongl. svenska vetenskaps-Akademi)	Stockholm.
Société entomologique (Entomologiska Förening)	Id.
Université de Lund (Universitas Lundensis)	Lund.
Société royale des Sciences (Regia Societas scientiarum Upsaliensis)	Upsal.
Université royale de Norvège (Kong. norske Frederiks Universitet)	Christiania.
Société des Sciences (Videnskabs-Selskabet)	Id.
Musée de Bergen (Bergens Museum).	Bergen.
Musée de Stavanger (Stavanger Museum)	Stavanger.
Société royale (Kong. danske videnskabernes Selskab)	Copenhague.
K. Akademie der Wissenschaften.	Berlin.
Deutsche geologische Gesellschaft	Id.
Physikalisch-technische Reichsanstalt	Id.
Physikalisch-ökonomische Gesellschaft	Königsberg.
Naturforschende Gesellschaft	Dantzig.
Medizinisch-Naturwissenschaftliche Gesellschaft	Iena.
Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen	Halle.
Naturforschende Gesellschaft	Id.
K. Leop. Carol. Akademie der Naturforscher	Id.
K. Gesellschaft der Wissenschaften	Gettingue.
Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westfalens und des Reg.-Bezirks Osnabrück.	Bonn.
Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.	Id.
Naturforschende Gesellschaft	Emden.
K. Botanische Gesellschaft.	Regensbourg.
Schlesische Gesellschaft für Vaterländische Cultur	Breslau.
K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften	Leipzig.
Naturforschende Gesellschaft	Id.
K. Bayerische Akademie der Wissenschaften	Munich.

Gesellschaft für Morphologie und Physiologie	MUNICH.
Physikalisch-Medicinische Gesellschaft	WURZBOURG.
Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft	FRANCFORT s M.
Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg	STUTTGART.
Naturforschende Gesellschaft	FRIBOURG EN BRISGAU.
Naturwissenschaftlicher Verein	PASSAU.
Naturwissenschaftl. Verein für Schwaben und Neuburg	AUGSBOURG.
Naturwissenschaftl. Verein des Reg. Bezirks Frankfurt	FRANCFORT s O.
Westfälischer Provinzial-Verein für Wissensch. und Kunst.	MUNSTER.
Wetterauische Gesellschaft für die gesamte Naturkunde.	HANAU.
Naturhistorische Gesellschaft	HANOVRE.
Naturwissenschaftlicher Verein	ELBERFELD.
Verein für Naturwissenschaft	BRUNSWICK.
Verein für Naturkunde	ZWICKAU.
Verein für Naturwissenschaftliche Unterhaltung	HAMBOURG.
Naturhistorisches Museum	Id.
Physikalisch-Medicinische Societät	ERLANGEN.
Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein	KIEL.
Naturwissenschaftlicher Verein	BRÊME.
Biologische Anstalt	HELIGOLAND.
Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis.	BAUTZEN.
Société Industrielle	MULHOUSE.
Annales des Sciences naturelles (Annaes de sciencias naturaes).	PORTO.
Academia real das sciencias	LISBONNE.
Instituto geografico y estadistico	MADRID.
Académie royale des Sciences (Koninklijke Akademie van wetenschappens)	AMSTERDAM.
Société royale zoologique (K. zoologisch Genootschap)	Id.
Société hollandaise des Sciences	HARLEM.
Musée Teyler	Id.
Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts	BRUXELLES.
Revue de l'Université de Bruxelles	Id.
Société entomologique de Belgique	Id.
Société royale malacologique de Belgique	Id.
Musée de l'Etat indépendant du Congo	Id.

Soc. belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie	Bruxelles.
Institut Grand-Ducal	Luxembourg.
British Association for Advancement of Science	Londres.
Royal Society	Id.
Royal Institution of Great Britain.	Id.
Royal Astronomical Society.	Id.
Meteorological Office	Id.
Royal Microscopical Society	Id.
Royal Geographical Society	Id.
Linnean Society	Id.
Zoological Society.	Id.
Entomological Society.	Id.
Geological Society.	Id.
Journal Nature.	Id.
Philosophical Society	Cambridge.
Literary and Philosophical Society	Manchester.
Natural History and Philosophical Society	Birmingham.
Literary and Philosophical Society	Liverpool.
Biological Society.	Id.
Royal Society	Edimbourg.
Royal Physical Society	Id.
R. College of Physicians (Laboratory.)	Id.
Geological Society	Id.
Royal Irish Academy	Dublin.
Royal Dublin Society.	Id.
Smithsonian Institution	Washington.
U. S. National Museum	Id.
National Academy of Sciences.	Id.
U. S. Geological Survey.	Id.
U. S. Department of Agriculture	Id.
Philosophical Society	Id.
American Academy of Arts and Sciences	Boston.
Boston Society of Natural History	Id.
American Association for Advancement of Science	Salem.
Museum of comparative Zoology at Harvard College.	Cambridge.
Essex Institute.	Salem.
Connecticut Academy of Arts and Sciences.	New-Haven.

American Journal of Science	New-Haven.
Illinois State Laboratory of Nat. History	Urbana.
Field Columbian Museum	Chicago.
Academy of Sciences.	Id.
California Academy of Sciences	San-Francisco.
Academy of Science	St-Louis.
Missouri Botanical Garden	Id.
Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters	Madison.
Tuft's College	Massachussets.
Colorado College	Colorado-Springs.
Journal of comparative Neurology (Denison University)	Granville.
Indiana Academy of Science	Indianapolis.
Rochester Academy of Sciences	Rochester.
American Philosophical Society	Philadelphie.
Academy of Natural Sciences	Id.
Wagner free Institute of Science	Id.
Franklin Institute.	Id.
Academy of Sciences	New-York.
Albany Institute	Albany.
Kansas Academy of Science	Topeka.
Buffalo Society of Natural Sciences	Buffalo.
Lloyd Museum	Cincinnati.
Royal Society of Canada	Ottawa.
Geological Survey of Canada	Id.
Literary and Scientific Society	Id.
Canadian Institute	Toronto.
Nova Scotian Institute of Science.	Halifax.
Sociedad cientifica « Antonio Alzate »	Mexico.
Museo nacional de Costa-Rica	San-José.
Deutscher Wissenschaftlicher Verein.	Valparaiso.
Société scientifique du Chili.	Santiago.
Museu Paraense de historia natural e ethnographia	Para.
Museu Paulista	Sao-Paolo.
Museo nacional	Buenos-Aïres.
Museo nacional	Montevideo.
Academia nacional de ciencias	Cordoba.
Asiatic Society of Bengal	Calcutta.

Geological Survey of India	Calcutta.
Koninklijke natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië	Batavia.
Linnean Society of N. S. Wales	Sidney.
Geological Survey of N. S. Wales	Id.
New Zealand Institute	Wellington.
Royal Society of Queensland	Brisbane.
Queensland Museum	Id.
Royal Society of Victoria	Melbourne.
Royal Society of South Australia	Adelaïde.
Geological Survey of Natal	Pietermaritzburg.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNEE 1900

PAR

M. le Professeur R. CHODAT

Messieurs et honorés Collègues,

La dernière année du siècle n'a pas été fertile en événements extraordinaires pour notre Société. Nous n'avons eu à enregistrer aucune démission, si ce n'est celle d'un associé libre, M. d'Adelung. Par contre, nous avons eu la satisfaction de voir qu'elle agit toujours comme centre d'attraction sur les personnes qui, dans notre pays, s'intéressent directement ou indirectement aux questions de science pure. Nous avons reçu en effet deux membres ordinaires : MM. A. de Candolle et Frey-Gessner, ainsi que plusieurs associés libres : MM. Tommasina, R. de Saussure, Dr Batelli, Dr J. Micheli et Dr Ed. Long.

A l'occasion du jubilé du professeur A. Lorentz, la Société de physique et d'histoire naturelle a tenu à s'associer à l'hommage général qui était présenté à ce

savant si distingué en le nommant membre honoraire. Nous avons également conféré ce titre à M. le professeur Nagaoka, de Tokio.

Malheureusement, nous avons à déplorer la perte d'un membre ordinaire, M. W. Marcet, et d'un honoraire, le baron de Selys-Longchamp. Je donnerai, plus loin, une courte notice biographique de ces deux savants.

Notre Société a aussi perdu un de ses plus anciens associés libres en la personne de M. Ern. de Traz.

Vous aviez mis l'an dernier au concours le prix de Candolle qui ne peut être distribué que tous les cinq ans. Ce concours attire chaque fois des travaux d'un réel mérite. La commission n'a pas hésité à nous proposer d'accorder un premier prix à M. le Dr Loesener, de Berlin, pour une monographie des Aquifoliacées, et un second prix à M. le professeur Wehmer, de Hanovre, pour un travail analogue sur le genre Aspergillus. Ce dernier mémoire, quoique rédigé en langue allemande, paraîtra, à titre exceptionnel, dans le prochain volume de nos Mémoires.

Dans la séance administrative du mois de janvier, M. le professeur L. Duparc a été nommé vice-président, M. F.-Louis Perrot a été réélu secrétaire du comité de publication; MM. R. Gautier et A. Bonna ont été nommés membres de ce même comité en remplacement de MM. Th. Flournoy et M. Micheli.

La deuxième partie du tome XXXIII de nos Mémoires va paraître incessamment. Il contiendra les mémoires suivants :

1. Notes pour servir à l'étude des Echinodermes, par M. de Loriol;

2. Les roches éruptives des environs de Meneryille, par MM. Duparc, F. Pearce et E. Ritter;

3. Mémoire sur la latitude de l'Observatoire de Genève, par M. Justin Pidoux;

4. Die Pilzgattung Aspergillus, par M. C. Wehmer.

Je rappelle que dans le bref résumé des communications faites dans nos séances je me suis borné à en indiquer très sommairement le titre ou les résultats principaux, un résumé plus complet ayant déjà paru dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*.

Un pieux usage des sociétés savantes est d'honorer la mémoire de leurs membres décédés en retraçant la carrière scientifique de ces hommes, moins pour s'enorgueillir de les avoir comptés parmi les leurs, que pour donner leur activité en exemple à ceux qui restent et auxquels incombe le devoir de maintenir haut l'idéal scientifique pour le bien du pays.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

WILLIAM MARCET

William MARCET est né le 13 mai 1828. Comme beaucoup d'autres Genevois qui ont marqué dans les sciences, il avait vécu dans un milieu non seulement cultivé, mais réellement scientifique.

L'étude était de tradition dans sa famille. Son grand-père, Alexandre Marcet, qui avait acquis la naturalisation anglaise, s'était déjà distingué en Angleterre dans la profession médicale. Sa grand'mère, d'origine vaudoise, Jeanne Haldimann, s'était vouée à l'étude de questions de science populaire et est surtout connue par son livre intitulé *Conversations of Chemistry*. Son père, François Marcet, était également un homme distingué; il occupa pendant quelques années la chaire de physique dans l'ancienne académie, fut également conseiller d'Etat avant la Constitution de 1848. La Société royale de Londres lui fit l'honneur de le recevoir parmi ses membres.

Quoique Genevois de race et de cœur, et en grande partie aussi d'éducation, puisqu'il avait fait ses premières études à la pension Naville et à la pension Tœpffer, William Marcet avait reçu évidemment l'empreinte anglaise dans ce qu'elle a de plus distingué et de meilleur. D'un caractère naturellement gai et bienveillant, il savait s'attirer l'attention et l'estime de ceux avec lesquels il entrait en relations par cette urbanité parfaite et cette absence de préjugés qui caractérisent si éminemment les classes cultivées en Angleterre. De prime abord il captivait ses interlocuteurs par l'originalité de son esprit, réellement curieux de savoir, non dans l'espoir de publier et d'augmenter ainsi sa notoriété parmi les savants, mais pour la simple et pure jouissance scientifique. On sentait, lorsqu'il présentait une communication à une société scientifique, tout le plaisir qu'il avait de communiquer aux autres par quelle voie il était arrivé à concevoir un problème, par quelle série de raisonnements et d'expériences il avait pu élucider certains côtés de la question, ne négligeant aucun détail qui pouvait lui paraître d'une certaine importance pour amener à faire partager à son auditoire la conviction qu'il s'était faite.

On comprend que la science n'étant pour lui ni un métier ni un moyen d'acquérir une renommée durable ou passagère, mais simplement l'objet de ses préoccupations de prédilection, il ait pu s'atteler à des recherches de longue haleine et nécessitant l'emploi d'appareils compliqués, qu'il transportait souvent à une grande distance de son laboratoire.

C'est avec une grande persévérance qu'il se mit à l'étude de l'influence des climats et des altitudes sur les phénomènes de la respiration. Chacun, dans notre société, se souvient encore des intéressantes recherches qu'il fit à la Dôle. Il ne craignait ni la peine ni l'absence de confort quand il s'agissait de poursuivre le problème qu'il s'était posé. C'est ainsi qu'il se transportait pendant trois jours au Col du Géant (1880); pendant trois semaines il expérimenta sur les pentes et le sommet du Pic de Ténériffe pour y effectuer des recherches analogues. Ce sont certainement ces études sur la respiration humaine qui constituent la part la plus importante de son activité scientifique. Il s'est fait peu de recherches plus complètes et plus variées sur la respiration de l'homme dans la nature et dans des conditions d'activité et de repos les plus diverses. Ce sont les résultats de ces études qu'il a condensés dans un volume intitulé *Contribution à l'histoire de la respiration de l'homme.*

Le but que se proposait W. Marcet n'était cependant pas exclusivement théorique. Ce qui l'intéressait dans la science, en somme, c'était l'homme et les moyens de lui conserver la santé ou de la rétablir. De cette préoccupation était résulté un livre demi-populaire sur les stations climatériques *(The principal southern and swiss health resorts their climate and medical aspect).* Il avait sans doute une compétence exceptionnelle pour parler de la valeur des climats, car il avait beaucoup voyagé et par tous les temps.

Navigateur intrépide, on raconte que pendant une tempête lors de sa traversée de l'Atlantique en 1863, il se fit attacher à un mât pour pouvoir admirer la beauté terrifiante de l'océan déchaîné. Membre du Club Alpin anglais et suisse, il a fait maintes grandes ascensions, se complaisant dans la nature vivifiante des hautes régions, ne craignant pas la fatigue parce qu'il en jouissait comme d'autres du confort. On se souvient encore à Genève du naufrage de son bateau au milieu du lac, devant Lausanne. Par son sang-froid il sut s'en tirer et sauver la vie des deux hommes d'équipage qui l'accompagnaient. Son amour des aventures et de la science en plein air le conduisit successivement aux Etats-Unis qu'il traversa jusqu'à Vancouver. Il y chasse le bison au Nébraska et visite les Montagnes Rocheuses. Il parcourt également une grande partie du bassin méditerranéen, la Corse, la Sardaigne, le Maroc, l'Algérie et enfin fit un long voyage aux Indes vers la fin de sa vie, en 1898-99.

C'est au cours d'une expédition dans la haute Egypte que la maladie qui le guettait l'arrêta dans ses voyages et qu'il mourut à Luxor. Il eut la satisfaction de mourir, sinon dans sa patrie, du moins au milieu des siens.

Son activité scientifique a été aussi variée qu'utile. Après avoir suivi pendant quelques années les cours de l'Académie, W. Marcet continua ses études à Edinbourg, où il prit en 1850 le grade de Dr en médecine. A Paris, où il séjourna (en 1851) pendant quelque temps, il fit de la chimie avec Verdeuil et publia un mémoire sur la substance grasse du résidu de la digestion pendant des maladies. C'est depuis lors que ses études de prédilection le poussent vers le côté chimique de la physiologie. C'est dans cet ordre d'idées qu'il entreprit la publication d'un ouvrage important sur la composition des aliments et de leurs altérations, suivi d'un guide pratique d'analyse. Ce travail a été un des premiers essais de grouper les connaissances acquises dans ce domaine.

A un moment où la question de l'alcoolisme n'intéressait pas encore le monde médical comme aujourd'hui, il signale les propriétés physiologiques et pathologiques de l'alcool dans un travail sur l'intoxication alcoolique chronique. En 1867 il découvre un acide organique dans l'urine, puis publie un mémoire sur la saumure et les viandes salées ainsi que sur la répartition de l'albumine dans le tissu musculaire. En 1867 il s'intéresse à la peptonisation de la viande et à l'emploi des peptones dans les maladies de l'estomac. Il paraît avoir contribué à faire connaître en Angleterre l'utilisation du laryngoscope; il a en effet fonctionné pendant quelques années comme médecin attaché aux hôpitaux de Westminster et Brompton. Son activité comme clinicien n'a été que de courte durée. Vers la fin de sa vie il fut amené à s'occuper de la calorimétrie humaine (1898-1899) et construisit pour ses recherches un appareil très apprécié. Notons en passant que W. Marcet ne craignait pas d'expérimenter sur lui-même et qu'un grand nombre de ses graphiques ont été pris sur sa propre personne. Sa belle propriété de famille à Malagny près de Versoix a été le rendez-vous de bien des savants; il y reçut en 1886 la Société helvétique des sciences naturelles ainsi que la Société médicale de la Suisse romande. Notre collègue qui venait passer ses étés au bord du lac, ne manquait pas, à cette occasion, de venir nous communiquer les plus importants de ses travaux.

Comme l'a dit un de ses biographes, son activité scientifique a duré plus que la moyenne accordée aux hommes de sciences en général, elle a dépassé un demi-siècle. La science conservera le souvenir de ce savant aussi intéressant que modeste et la Société de physique celui d'un de ses membres les plus sympathiques.

EDMOND DE SELYS-LONGCHAMP

Le baron Michel-Edmond de SELYS-LONGCHAMP est né à Paris le 25 mai 1813. Son activité scientifique s'étend sur plus d'un demi-siècle ; en effet, ses premiers travaux remontent à l'année 1831. Durant cette longue carrière, de Selys-Longchamp s'est adonné presque exclusivement à la classification des animaux et en particulier des petits mammifères, des oiseaux et des insectes. Déjà en 1831 il publie dans le dictionnaire géographique de la province de Liège, un catalogue des oiseaux et des insectes de cette province. Depuis lors il n'a cessé de publier un nombre considérable de mémoires sur presque tous les groupes d'animaux vertébrés ou invertébrés. Cette grande activité et sa compétence lui avaient valu d'être nommé membre honoraire de la Société zoologique de France. La Société de physique et d'histoire naturelle de Genève avait tenu à se l'attacher également comme membre honoraire dès 1892. Plus de 200 articles, notices, brochures ou mémoires sont sortis de sa plume. Parmi les plus importants, il faut citer un Synopsis des Aeschnines (1883), une Revision du Synopsis des Agrionines (1886), une Faune belge (1842), une énumération des Lépidoptères de Belgique, les Ordonates du Japon et des Philippines, les Mammifères, Oiseaux et Reptiles de Belgique. Mais son activité principale s'est surtout portée du côté de l'entomologie. Les sociétés entomologiques de tous les grands pays de l'Europe l'avaient distingué. Enfin dans le domaine de la botanique, il a publié sur l'effeuillaison des arbres ainsi que sur les effets du froid sur les arbres de Longchamp, où il habitait ordinairement. La plupart de ses travaux ont été publiés en Belgique ; d'autres dans des revues françaises, allemandes, anglaises, italiennes et espagnoles [1]. C'est dire combien sa compétence était reconnue.

Edmond de Selys-Longchamp laisse une forte trace dans le champ de la zoologie descriptive. Il a également joué un rôle politique important ; il a été sénateur de l'arrondissement de Waremme (Belgique) depuis 1855 et président du Sénat de 1880 à 1884.

Membre de l'Académie de Belgique, il fut chargé de présider la classe des sciences de 1854 et en 1879. Nous exprimons à la famille de cet illustre savant le regret que nous cause sa mort.

[1] Une liste des publications faites par ce savant a été donnée dans une notice bibliographique extraite de la Bibliographie académique, édition de 1886 (Académie royale de Belgique).

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Physique terrestre, Météorologie et Géologie.

M. A. BRUN a rencontré pendant l'été 1900, au Mont-Malet, ce qu'on nomme *la neige du Caucase*. C'est une neige poreuse, extrêmement granuleuse, dont les grains atteignent jusqu'à 3 mm. Ces cristaux s'isolent aisément. Ce défaut d'adhérence facilite la production d'avalanches. M. BRUN explique cet état de la neige sur des pentes très rapides par l'effet de la pluie lorsque, comme cela a été le cas cet été dans la chaîne du Mont-Blanc, la température reste élevée de nuit comme de jour, empêchant ainsi le regel.

M. le professeur NAGAOKA, de l'Université de Tokio, nous a parlé des *tremblements de terre* et des méthodes employées, en général et au Japon en particulier pour les enregistrer et les étudier. Se basant sur les résultats obtenus par M. CAMIUN qui a donné comme vitesse de l'onde, 13 kilom. au début du tremblement de terre, 8 kilom. au moment de l'interruption et 3 kilom. seulement au moment du choc principal, M. Nagaoka a tiré quelques conclusions relatives à l'état de l'intérieur du globe. Il a en effet reconnu qu'il existe une relation entre les vitesses observées et la rapidité avec laquelle se déplace l'onde élastique dans les roches qu'il suppose constituer la croûte terrestre. L'auteur a expérimenté sur plus de 100 roches différentes.

M. le professeur R. GAUTIER nous a annoncé l'installation d'une *nouvelle station météorologique à l'Hospice du Grand Saint-Bernard*. Les observations y seront faites aux heures réglementaires du réseau météorologique suisse. Le nouveau service sera fait dans le nouveau bâtiment, situé au N.-E. de l'ancien, par les soins de MM. les chanoines. M. le directeur Gautier a fait installer dans une cage appropriée des thermomètres et des hygromètres choisis spécialement en vue d'observations dans la haute montagne. Il faut savoir gré à M. Gautier d'avoir pris l'initiative d'une réorganisation du service météorologique du Grand Saint-Bernard, qui pourra ainsi rendre de plus grands services que par le passé. On doit également remercier les chanoines qui sont toujours prêts à répondre à l'appel quand il s'agit d'une œuvre patriotique ou scientifique.

Le même professeur nous a entretenus des observations sur la planète Eros qu'a commencées M. l'astronome PIDOUX depuis le mois d'octobre 1899.

M. Ed. SARASIN communique les derniers résultats de son étude *sur les oscillations du lac des Quatre-Cantons*.

M. TOMMASINA est parvenu à étudier les orages lointains par auscultation au moyen d'un appareil récepteur téléphonique des ondes hertziennes qu'il appelle électrio-radiophone. Cet appareil simple n'est qu'un téléphone usuel muni d'un cohéreur décohérent au charbon, sans aucun contact métallique.

M. le professeur DUPARC nous a rendu compte d'un travail qu'il a entrepris avec la collaboration de M. le Dr PEARCE sur les *roches éruptives de Menerville*, en Algérie. Cette monographie paraîtra dans le tome XXXIII (deuxième partie) de nos Mémoires.

Continuant ses recherches sur les schistes cristallins des Alpes, le même auteur nous a signalé la présence de Chloritoïde dans une série de types nouveaux de *schistes de Casana*.

Astronomie et mathématiques.

M. PIDOUX nous a montré une *nouvelle lunette astronomique* imaginée et construite par son collègue de l'Observatoire, M. SCHÆR, astronome adjoint. Pour éviter l'inconvénient des grandes distances focales, M. Schær a construit sa lunette de manière à ce que le cône lumineux formé par l'objectif soit arrêté au premier tiers de sa longueur par un miroir plan *B* légèrement incliné, de manière à reporter les rayons sur un deuxième miroir *C* placé au-dessus de l'objectif. Ce dernier miroir renvoie le cône former le foyer de la lunette dans le voisinage de l'oculaire *D*. Grâce au raccourcissement de la lunette obtenue par ce dispositif, M. Schær pense qu'il sera facile de loger dans les coupoles actuelles des instruments moins encombrants, plus puissants, et pour les instruments méridiens qu'il sera possible de déterminer directement les coordonnées d'objets célestes jusqu'à la douzième grandeur.

M. PIDOUX nous a décrit l'allure de l'*éclipse totale du soleil du 28 mai* telle qu'elle a été observée par lui et M. Schær à Genève.

M. Raoul GAUTIER nous a résumé les *observations que la commission suisse a pu faire à Menerville*, en Algérie. MM. les directeurs des Observatoires de Zurich, Bâle et Genève (MM. WOLFER, RIGGENBACH et GAUTIER) s'étaient partagé le travail de manière à concentrer leur attention. Il a pu être établi quelques faits intéressants, tant au point de vue des phénomènes qui pouvaient être observés au

moment du contact que de ceux qui coïncidaient avec la totalité. Un temps parfaitement clair a permis la réussite de cette expédition.

M. le professeur CAILLER nous a communiqué un *théorème d'inversion intégrale* qui constitue une extension des intégrales de Fourier.

M. le professeur CAILLER nous a entretenu de ses recherches sur la transformation d'une *intégrale multiple* contenant une fonction arbitraire en intégrale simple. Il nous a aussi présenté un résultat relatif à l'inversion de l'intégrale ${}_0f^x \lambda^1(z)\,\lambda^2(x-z)\,dz = f(x)$ par rapport à l'une des fonctions λ figurant sous le signe.

M. PIDOUX a présenté des observations faites en collaboration avec M. SCHLER, astronome adjoint de l'Observatoire de Genève, sur une éclipse de lune qui a eu lieu dans la nuit du samedi 16 au dimanche 17 décembre 1899. Ces observations ont été faites en utilisant soit, pour ce qui concerne M. Schær, une lunette avec objectif de 16 cm. de sa propre construction, transformée en réfracto-réflecteur, ce qui constitue un appareil nouveau, soit pour ce qui concerne M. Pidoux, une lunette parallactique à grand champ avec objectif de Merz. Les observateurs ont suivi de près, et autant que le permettait l'état du ciel, les changements de teinte, que présente la planète pendant l'éclipse.

Physique et chimie.

M. le professeur CURIE (Paris) nous a rendu compte de l'état des recherches qu'il poursuit actuellement en collaboration avec Mme CURIE. Il s'agit de la propriété qu'ont certains métaux d'émettre des *rayons de Becquerel*. M. Curie considère ce phénomène comme une propriété atomique. M. et Mme Curie ont isolé de la Pechblende de nouvelles substances radio-actives, le Polonium et le Radium, ce dernier corps voisin du Baryum. Enfin un de leurs collaborateurs, M. DEBIERNE, est de même parvenu à séparer une substance radio-active accompagnée d'un nouveau métal, l'actinium. M. Curie nous a décrit les propriétés surprenantes des rayons émis par ces corps, et en particulier du Radium, dont les sels sont spontanément lumineux.

M. J. MICHELI a parlé de ses recherches sur l'*influence des couches superficielles sur le phénomène de Kerr*. On sait que celui-ci consiste dans la rotation du plan de polarisation de la lumière réfléchie par un miroir métallique (F, Ni, Co) placé dans un fort champ magnétique. Voulant élucider pour quelle raison il faut employer deux constantes « magnéto-optiques » pour expliquer les faits observés par le Ni et le Co, M. J. Micheli a pu s'assurer que même en utilisant des miroirs

parfaitement propres, une constante ne suffit pas. Par des considérations théoriques on peut concevoir que les écarts qui subsistent encore soient dus à l'influence de couches superficielles magnétiques.

M. TOMMASINA nous a entretenu de ses recherches sur l'*auto-décohération de la poudre de charbon* et de l'application de cette propriété à la télégraphie sans fil. L'auteur a construit sur ce principe deux appareils dont il nous a donné la description.

Répondant à la réclamation de priorité de MM. Ducretet et Popoff relative à l'auto-décohération du charbon et du téléphone au relais pour la réception des signaux de la télégraphie sans fils, M. TOMMASINA rappelle sa communication à notre séance du 5 janvier 1899 ainsi que sa note à l'Académie des sciences, le 13 mars 1899.

Combinant une *nouvelle fonction de la formule de M. van der Waals* imaginée par eux avec la formule de M. Bertrand valable pour les basses pressions, MM. P. DUTOIT et MORTZUN arrivent à représenter toute la courbe des tension de vapeurs sous des formes faciles à manier au point de vue du calcul.

M. Ch.-Eug. GUYE nous a montré qu'il suffisait, lorsque l'on envisage les *phénomènes de capacité dans un câble triphasé*, symétrique, armé, en ne considérant que l'effet résultant, de supposer que l'on a branché trois condensateurs de capacité C' entre les conducteurs et l'armature. Ces capacités C sont difficiles à établir par le calcul dans le cas des câbles électriques. Par contre, elles peuvent être facilement obtenues par l'expérience.

Continuant sur le même sujet, M. GUYE nous a communiqué le résultat de *mesures de capacité* effectuées à Lyon d'après les principes qu'il avait établis.

Le même a présenté une contribution à l'étude de la *propagation du courant dans les lignes polyphasées.*

M. Ch.-Eug. GUYE nous a signalé l'étude qu'il a faite sur les *équations de conditions des courants dérivés semblables* et leur application aux mesures électriques.

M. le professeur HALTENHOF a présenté au nom de M. BERGER, médecin oculiste à Paris, de *nouvelles loupes et lunettes binoculaires et stéréoscopiques.* Ces instruments sont destinés à rendre des services à toutes les personnes que leurs occupations forcent d'observer des objets de très petites dimensions.

M. le professeur DUPARC a attiré l'attention de la Société sur l'imperfection des méthodes usitées jusqu'à présent pour *isoler le Vanadium* des combinaisons où cet élément est accompagné de l'Alumine. M. le Dr PEARCE et l'auteur de la communication sont arrivés à précipiter le Vanadium en présence d'acide citrique sous forme d'un sel de thallium insoluble.

M. A. BRUN a signalé une *réaction curieuse*, trouvée par L. Islovay von Nagy Islowa, permettant de *retrouver des traces minimes du gaz acétylène*. M. Brun a vérifié cette réaction et l'a trouvée extraordinairement sensible.

M. le Dr BACH nous a exposé en détail le résultat de ses études sur les *péroxydes d'hydrogène*. Examinant l'eau oxygénée, M. Bach montre que, traitée par le permanganate, cette solution dégage une quantité plus grande d'O que celle qui est prévue, si l'on admet que le peroxyde est le bioxyde d'hydrogène. En plus du trioxyde d'hydrogène de M. Berthelot, M. Bach a réussi à démontrer l'existence, dans l'eau oxygénée, du tétroxide d'hydrogène H_2O_4.

M. le Dr WARTMANN nous a signalé l'existence d'*une nouvelle lampe électrique* qu'il a vu fonctionner dans l'Institut électrothérapique du Dr Guyenmot, à Aix.

M. le Dr KEHRMANN et M. FLÜRSCHEIM ont observé que *la longueur d'onde de la lumière fluorescente* de la solution de deux colorants, trouvés par eux, dépend du pouvoir réfringent moléculaire du dissolvant et qu'ainsi elle diminue au fur et à mesure que ce pouvoir augmente. Ces chercheurs ont expérimenté avec les dissolvants suivants : eau, alcool, acétone, éther, benzène, auxquels correspondaient les couleurs suivantes : vert, vert-bleuâtre, bleu, bleu-violacé, violet, pour l'une des substances.

Le même nous a présenté des considérations sur les rapports qui existent entre la couleur et la constitution des composées du groupe du type Azonium, rapports qui l'ont amené à réaliser une nouvelle *synthèse totale de la phéno-safranine*.

M. le Dr KEHRMANN nous a annoncé la découverte qu'il a faite d'une *nouvelle classe de corps aromatiques* dont il indique la formule de constitution. Ces corps ont le caractère des composés quinoïdiques et des biquinones en particulier.

M. le professeur Amé PICTET, dans une première communication, nous a fait part de la *synthèse partielle d'un alcaloïde* qu'il a réalisé en collaboration avec un de ses élèves, M. ATHANASESCO. Partant du chlorométhylate de Papavérine, les auteurs ont obtenu un produit inactif, lequel, dédoublé, a donné un isomère dextrogyre identique à l'alcaloïde naturel connu sous le nom de Laudanosine.

Il nous a en outre annoncé qu'il a, en collaboration de M. A. ROTSCHY, isolé *trois nouveaux alcaloïdes du tabac*. Le premier, auquel les auteurs ont donné le nom de nicotéine, a pour formule $C_{10}H_{12}N_2$ et renferme par conséquent deux atomes de moins que la nicotine. C'est un alcaloïde liquide. L'alcaloïde solide a reçu le nom de nicotelline. Sa formule serait : $C_{10}H_8N_2$. Le troisième n'est pas encore complètement étudié.

Biologie.

On sait que depuis plusieurs années M. Victor Fatio s'occupe de la publication d'une importante monographie des vertébrés de la Suisse. Plusieurs volumes de cette faune ont déjà été publiés. Le nouveau volume dont M. Fatio a fait hommage à la Société, traite des *Oiseaux*, tant au point de vue de la systématique que de celui de la biologie. Ce grand traité d'ornithologie suisse sera le bienvenu non seulement des spécialistes mais de tous ceux, nombreux dans notre pays, qui s'occupent de l'étude des oiseaux à un titre quelconque.

M. Bedot fait hommage à la Société du fascicule XVIII des résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco. Ce bel ouvrage contient un travail de MM. Camille Pictet et Maurice Bedot ; il est accompagné de planches fort réussies.

M. Eugène Pittard, continuant ses études d'anthropologie, classe une *série de 165 crânes savoyards* selon l'indice céphalique, l'indice facial et l'indice nasal. Ces crânes, par leur qualité ethnique, placent les Savoyards parmi les groupes humains dits Celtiques, ou Celtes alpins, comme les Valaisans précédemment examinés par M. Pittard.

Ce dernier a continué à nous entretenir de la comparaison qu'il a faite entre les *différents segments crâniens chez l'homme et chez la femme*, et en particulier chez les brachycéphales de la vallée du Rhône (Valais).

M. M. Micheli a fait une communication relative au *voyage d'exploration botanique* qu'a fait pour son compte M. E. Langlassé de Paris, *au Mexique et en Colombie*. Malheureusement cet explorateur a succombé à une attaque de la fièvre jaune au moment où, sa mission terminée, il allait repartir pour l'Europe. M. Micheli, qui a déjà commencé l'étude des collections récoltées par ce voyageur, signale leur intérêt tant au point de vue des types nouveaux qu'à celui de la géobotanique.

M. Casimir de Candolle nous a montré des *photographies de feuilles de noyer (Juglans regia)* dont le rhachis porte à sa face supérieure des folioles surnuméraires. Il rattache la formation de ces appendices nouveaux à la présence (à la face supérieure du rhachis des Juglandées) de faisceaux qui constituent un système particulier qui n'émet en temps ordinaire que de très courtes ramifications vers les folioles. Ce sont ces faisceaux qui vont innerver les folioles surnuméraires. Il est intéressant d'observer que cette anomalie ne se rencontre que sur des rameaux adventifs dont

les folioles surnuméraires comme les normales montrent une forme juvénile par la dentelure de leur marge.

On croyait, à la suite des recherches de Nestler, que la coloration des fausses baies de *Juniperus communis* était due à la pénétration d'un champignon dans la pulpe. M. le Dr LENDNER nous a communiqué une série d'expériences desquelles il conclut que les champignons ne sont pour rien dans ce phénomène et que le bleuissement est dû à l'action de l'oxygène de l'air qui pénètre par les blessures.

M. le Dr BRIQUET nous a signalé un nouveau cas de déhiscence pyxidaire découvert par lui chez l'*Hyptis obtusiflora*, une Labiée de l'Amérique centrale. Chez cette espèce, à la maturité, le calice peu accrescent se déchire circulairement et entraîne les nucules.

M. CHODAT voudrait voir appliquer chez nous, dans la vinification, la méthode de l'*inoculation de levures sélectionnées* telle qu'elle est pratiquée, et avec beaucoup de succès, dans le vignoble rhénan. Il présente le premier travail qu'il a fait faire sur ce sujet, dans son laboratoire, par M. le Dr LENDNER. Un nombre déjà considérable de levures genevoises ont été isolées, leurs propriétés étudiées, et elles pourront être multipliées pour inoculer la vendange de 1900.

Le même a étudié dans les algues unicellulaires les *lois du cloisonnement* par rapport à la direction de la tension et la relation qui existe entre cette loi et la disposition des cellules dans la colonie.

Le même nous a signalé l'appareil curieux que constituent les cellules annexes du stomate du *Buxus sempervirens*.

M. CHODAT a présenté le résumé d'un travail d'ensemble sur les *réactions du noyau dans les cas de parasitisme intra-cellulaire ou de symbiose*. Ce travail a été présenté également au Congrès international de botanique à Paris.

M. CHODAT a montré des *cultures absolument pures d'algues*, obtenues par triages successifs sur milieux gélosés. Par cette nouvelle méthode, l'auteur a pu confirmer ses anciennes indications relatives au polymorphisme du *Scenedesmus acutus*.

Le même a parlé du travail qu'il a entrepris avec Mlle CRETIER sur *le noyau des algues inférieures*. Il confirme l'existence d'un pyrénoïde dans le genre *Hydrurus*.

M. CHODAT a remarqué que la *coloration hibernale des feuilles du buis* est due au fait que la carotine remplace alors la chlorophylle dans les chromatophores.

Il a également constaté que la bande blanche qui longe la nervure moyenne à la face inférieure de la feuille est due au fait que des cellules sous épidermiques sont remplies de cristaux entre lesquels est retenu de l'air qui ne se laisse que difficilement déplacer.

Physiologie, Psychologie, Médecine.

Continuant leurs recherches sur l'*effet des courants alternatifs sur le système nerveux des chiens*, MM. PREVOST et BATELLI ont expérimenté en employant, cette fois, des courants à périodes variables de 300 à 1720 périodes par seconde. Ces deux physiologistes nous ont montré que l'augmentation du nombre des fréquences n'offre pas d'influence sensible sur les symptômes qui se passent du côté du système nerveux, tandis qu'elle a une grande importance relativement à l'action que le courant a sur le cœur.

MM. PRÉVOST et BATELLI, continuant leurs recherches sur l'*action des courants alternatifs à périodes variables*, nous ont montré, par leurs nouvelles expériences, que ce sont les courants de 150 à 500 périodes qui paraissent frapper le système nerveux avec le plus d'intensité.

M. le Dr BATELLI s'est posé la question de savoir combien de temps durerait *la survie du cœur* chez le chien après électrocution, suffocation, chloroformisation, etc. Dix minutes après que les battements du cœur ont cessé, l'opérateur fait une ouverture sur la partie gauche du thorax et pratique alors le massage du cœur et entretient la respiration artificielle. Au bout d'un laps de temps qui varie de 15 à 40 minutes, les fonctions du centre respiratoire, du centre vaso-moteur et de la sensibilité, se sont rétablies; il applique alors sur le cœur une ou plusieurs décharges électriques : le cœur fonctionne de nouveau. Dans ces expériences cependant, l'animal qui respire spontanément succombe au bout de quelques heures. De ces recherches qui font suite à celles qui nous ont déjà été communiquées par M. le professeur Prévost et M. Batelli, il est permis d'espérer que l'on pourrait, dans un avenir rapproché, arriver à appliquer ce procédé du massage du cœur chez l'homme dans des cas d'asphyxie, de mort par chloroformisation ou accidents électriques.

M. BATELLI continuant ses études sur les *moyens de rétablir les battements du cœur*, nous a exposé une méthode plus simple que celle qu'il avait imaginé précédemment. Le courant alternatif de 230 volts a toujours été suffisant pour faire rebattre le cœur du chien. Pour les animaux de grande taille, il faudrait des courants un peu supérieurs, ayant une tension à 230 volts.

M. le Dr LONG a fait une communication sur *les voies de conduction des impressions sensitives dans la moëlle et le cerveau*. Il résulte de cette très complète étude qu'il est logique d'admettre aujourd'hui que la propagation des sensations peut s'expliquer autrement que par une simple conduction fibrillaire : les cellules

du système nerveux central sont les éléments fonctionnels essentiels, et si les fibres qu'elles émettent sont en partie détruites, les sensations peuvent être dérivées par une autre voie et la suppléance s'établit.

M. Ed. CLAPARÈDE nous a parlé des expériences faites au laboratoire de psychologie qui avaient pour but de vérifier la théorie de M. le professeur Flournoy relative aux *illusions de poids*. Il résulte de ces expériences que, employant des cubes de même poids mais de volume différent, ces objets sont soulevés d'autant plus rapidement que leur volume est plus grand.

Le même nous a donné le résumé des expériences faites en collaboration avec Mlle K. MARKOVA sur un nouveau procédé pour étudier la *perception du toucher des formes*. Ces auteurs ont essayé d'isoler les deux modes de sensibilité musculaire et cutané. Ils ont reconnu que la sensibilité cutanée joue un rôle plus grand qu'on ne le croit à première vue, dans la reconnaissance des formes simples, c'est-à-dire des changements de direction.

M. le professeur d'ESPINE nous a mis au courant des travaux récents sur *le rôle des moustiques dans l'étiologie de la malaria*. Il a complété sa communication par l'histoire du développement et des mœurs de l'*Anophiles*.

RAPPORT

DU

PRESIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1901

PAR

M. le Professeur Louis DUPARC

MESSIEURS,

Me voici arrivé au terme de la présidence à laquelle vous m'avez fait l'honneur de m'appeler, et, conformément à l'usage, je dois vous rendre compte de la marche de notre société pendant l'année écoulée.

Je me permettrai de vous parler tout d'abord des questions administratives qui ont été traitées pendant les huit séances qu'a eues votre Comité de publication, ainsi que des modifications apportées dans notre personnel et notre règlement. Je vous retracerai ensuite la vie et l'activité scientifique des membres que vous avez eu le malheur de perdre, à cet égard l'année 1901 a été particulièrement douloureuse pour nous, puis je récapitulerai enfin les divers travaux présentés dans nos séances, lesquels, je l'espère, mettront en évidence l'activité scientifique de notre société.

Dans la séance du 14 janvier, vous avez nommé à la vice-présidence M. Marc Micheli qui occupera la présidence cette année.

M. Maurice Gautier a été nommé secrétaire des séances en remplacement de M. van Berchen, qui pendant tant d'années a rempli cette fonction avec le dévouement que nous nous plaisons tous à lui reconnaître. Au Comité de publication, MM. M. Bedot et van Berchem ont été nommés membres en remplacement de MM. Rilliet et Fatio, membres sortants.

Nous avons reçu la démission de deux de nos associés libres, MM. Antoine Martin et Henri de Blonay; ce vide laissé dans nos rangs a été comblé par deux nouvelles nominations, celles de MM. F. Pearce, G. Hochreutiner et Ed. Claparède.

D'autre part nous avons à déplorer la perte de trois de nos membres ordinaires, MM. le prof. Paul Chaix, le prof. Hippolyte Gosse et le prof. Charles Galopin; puis celle de quatre de nos membres honoraires, MM. le prof. Ad. Hirsch et le prof. Henri de Lacaze-Duthiers, Carl-Ed. Cramer et Charles Maunoir, et le départ de deux de nos amis, MM. Ch. Galland et Emile Boissier. La Société s'est attaché en qualité de membre honoraire M. le professeur B. Wartmann de St-Gall.

A l'occasion du jubilé de l'illustre chimiste Berthelot, l'un de nos membres honoraires, la Société de physique a envoyé un télégramme de félicitations. Une adresse a également été remise de votre part au professeur Théophile Studer, notre membre honoraire, à l'occasion du jubilé de son vingt-cinquième anniversaire de professorat à l'Université de Berne.

En juin dernier a paru la deuxième partie du tome XXXIII de nos Mémoires. Ce volume de 432 pages avec 12 planches renferme les rapports des présidents pour 1898 et 1899, la liste des ouvrages reçus par la Société du 1er janvier 1898 au 1er décembre 1899, puis les travaux suivants :

1° Notes pour servir à l'étude des échinodermes, par P. de Loriol.

2° Les roches éruptives des environs de Menerville, par L. Duparc, F. Pearce et E. Ritter.

3° Mémoire sur la latitude de l'Observatoire de Genève, par J. Pidoux.

4° Die Pilzgattung Aspergillus in morphologischer, physiologischer und systematischer Beziehung, par le Dr Prof.-C. Wehmer.

Pendant l'année en cours, M. le secrétaire du Comité de publication a continué, avec M. le conservateur de la Bibliothèque publique, à rechercher par voie d'échange les numéros manquant dans les séries de publications que la Bibliothèque reçoit de la Société de physique. Un grand nombre de vides ont pu être comblés de la sorte, et ce travail touche maintenant à sa fin. Votre président n'a, en matière d'échanges nouveaux de publications, aucune demande importante à vous signaler.

Le Comité de publication a eu surtout à discuter la proposition qui lui a été faite par un de ses membres aux fins de remanier le mode de publication en usage jusqu'ici et de le mettre plus en rapport avec les exigences actuelles de la bibliographie, surtout en ce qui concerne les prises de dates et le classement des publications. Il a décidé de vous proposer d'adopter un mode de publication par fascicules, sans fixer d'avance ni le nombre, ni la date de ces derniers. La numérotation des pages se suivrait dans le volume du commencement à la fin et il ne serait jamais publié de mémoire incomplet dans un fascicule. Les tirages à part ne seraient pas livrés aux auteurs avant la distribution du fascicule aux abonnés.

Le nouveau système fonctionnerait dès à présent; et le premier fascicule comprendrait entr'autres les deux derniers rapports présidentiels.

Votre président vous rappelle en terminant que cette année aura lieu à Genève la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles. La Société de physique s'associera pleinement à cette solennité annuelle qui met en contact les hommes de science de notre petit pays, et crée entre eux des relations toujours aussi cordiales que profitables.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

HIPPOLYTE GOSSE

Hippolyte Gosse naquit à Genève le 29 mai 1834.

Sa famille comptait plusieurs savants. Son aïeul, pharmacien et chimiste distingué, était bien connu des hommes de sciences de son époque. Ce fut un des fondateurs de la Société helvétique des sciences naturelles. Son père, le docteur L.-A. Gosse, était un médecin de talent, doublé d'un homme de cœur.

Gosse fit ses premières études à Genève; il fréquenta les cours de l'ancienne Académie où il acquit une instruction aussi solide qu'étendue; mais cette institution ne lui offrant plus les ressources nécessaires pour achever ses études médicales, il se rendit à Paris où il fit un assez long séjour. Sans doute, la médecine l'intéressait, mais c'était peut-être plus par hérédité que par tempérament. Gosse était surtout un curieux des choses de la nature, les sciences l'attiraient, et nous le voyons déjà à

cette époque quitter scalpel et bistouri pour s'occuper de recherches variées, avec cette fougue et cette passion qu'il apportait en toute chose. L'archéologie et l'anthropologie étaient ses branches de prédilection, il arrivait d'ailleurs à une époque décisive pour l'évolution de cette dernière science; il connut Mortillet, Broca, et tant d'autres savants illustres qu'il revit plus tard fréquemment dans les congrès, et avec lesquels il soutint parfois d'assez vives polémiques. Il prit une part active aux fouilles faites dans les carrières des environs de Paris, et sut, bien que tout jeune encore, se créer une certaine notoriété dans le domaine de ces recherches spéciales, grâce à quelques découvertes intéressantes qu'il fit. Gosse ne dédaignait point non plus les arts, ce complément indispensable de l'archéologie; il fréquentait volontiers les artistes et se fit même initier à la sculpture, qu'il pratiquait assez joliment comme l'atteste encore un buste de femme dû à son ébauchoir.

Etudiant, il fut ce qu'il resta jusqu'à la fin de sa carrière, un enthousiaste et un convaincu. Chez lui, l'originalité était bien moins une tournure de l'esprit ou un effet de l'éducation, qu'un produit de son tempérament même; dans tous les domaines il avait une conception essentiellement personnelle des choses; il voulait tout voir, tout savoir, tout comprendre, mais sa curiosité était essentiellement agissante.

Ses études terminées il rentra à Genève pour y pratiquer l'art médical, il apporta dans l'exercice de sa profession son dévouement et sa bonté ordinaires.

A peine de retour au pays natal, Gosse reprenait ses chères études archéologiques. Partout où, dans le canton ou aux alentours, on découvrait quelque tombeau antique ou quelque vieux monument, il se rendait sur les lieux et présidait en personne aux fouilles qu'il faisait immédiatement exécuter. Les restaurations successives de la cathédrale de St-Pierre lui fournirent maintes fois l'occasion de donner libre carrière à ses instincts de chercheur; il fit là quelques fort jolies trouvailles qui lui valurent d'ailleurs des discussions assez vives avec ceux qui ne partageaient pas son avis; car il était de tempérament combatif et il ne faisait pas bon lui contester une découverte. Son principal domaine de recherches fut le Salève, où il possédait une propriété qui évoque bien des souvenirs historiques. Il en a fouillé toutes les grottes, principalement celles qui avoisinent le village de Veyrier, et a trouvé là, enfouis sous une épaisse couche de tuf et de stalagmites, des documents du plus haut intérêt pour reconstituer l'histoire ethnographique des peuplades qui vinrent successivement se superposer sur le sol de notre petit pays. Le Salève n'avait plus de secrets pour lui, il en connaissait les coins et les recoins, et les nombreuses découvertes qu'il fit sur cette montagne lui permirent de préciser certains points importants pour l'histoire de la période celtique et gallo-romaine dans notre contrée. Puis nous voyons Gosse étendre ses recherches aux populations

lacustres qui peuplaient les rives du Léman : ses nombreux dragages le mettent en possession d'un matériel considérable et des plus instructifs, qu'il comparera dans la suite avec les objets analogues de l'âge du bronze ou de la pierre polie, trouvés dans d'autres stations lacustres de la Suisse ou de l'étranger.

Ses recherches et ses compétences en matière archéologique et ethnographique le désignaient tout naturellement pour la direction du Musée archéologique de Genève. Il accepta cette fonction avec joie, et fit du Musée sa propre chose. Ses collections étaient sacrées, il en avait en quelque sorte le culte : malheur à celui qui, dans ce domaine, eût voulu devenir son rival. Il consacra beaucoup de temps et dépensa toute son activité au développement et à l'enrichissement des collections confiées à sa vigilance. Lorsqu'il possédait quelque pièce curieuse trouvée par lui, ou achetée de ses deniers, il n'hésitait pas un instant à l'offrir à l'institution qu'il dirigeait. Gosse était en effet collectionneur dans l'âme; sans cesse à l'affût d'occasions favorables, il compulsait les catalogues, échangeait des correspondances suivies avec les gens qui, par la nature de leurs occupations, étaient à même de trouver dans des fouilles ou des travaux divers quelque objet intéressant; la trouvaille faite, il était le premier à s'en assurer la possession.

En 1876, Gosse fut nommé professeur de médecine légale à l'Université. Il enseignait à la fois à la Faculté de médecine et à la Faculté de droit. Son enseignement, souvent inégal, portait au plus haut degré le cachet distinctif de cette originalité qui faisait le fond de son caractère. Il n'aimait pas la contradiction ; il était toujours affirmatif ou négatif sur toutes les questions, ce n'était guère en effet l'homme du doute philosophique, mais sa parole colorée intéressait toujours son auditoire, et il savait communiquer à son enseignement cette vie qui l'animait. Son besoin de démonstration allait jusqu'à le pousser à répéter sur lui-même certaines expériences qui n'étaient point sans danger, mais qui n'en intéressaient que d'autant plus son auditoire ; son exposé des faits étonnait quelquefois, mais il était toujours goûté de ses auditeurs. Il aimait surtout faire des autopsies devant ses élèves pour leur montrer les difficultés si variées que rencontre à chaque instant le médecin légiste. L'observation d'un fait qui lui était encore inconnu suggérait immédiatement chez lui l'idée d'une expérience ; il possédait de la sorte une foule de documents et d'observations inédits, fruit de ses propres recherches, ce qui rendait son enseignement très profitable.

Gosse fut aussi doyen de la Faculté de médecine et sut s'attirer dans l'exercice de ses fonctions, à une époque où l'Université était encore jeune, presque naissante, l'estime de ses collègues et l'amitié des étudiants qui, malgré son abord parfois un peu brusque, eurent souvent l'occasion d'apprécier l'excellence de son cœur.

Hippolyte Gosse prit également une part active dans la politique de notre pays ; ce n'était pas un orateur populaire, mais par contre un militant. De 1870 à 1882 il fit partie du Conseil municipal de la Ville de Genève, puis du Conseil administratif; de plus, à plusieurs reprises, en 1864, 1874 et 1878, Gosse fut élu député au Grand Conseil. Il ne fut pas parmi les dirigeants, mais il défendit toujours ses opinions avec ardeur, et fut un adversaire aussi convaincu qu'un ami fidèle.

Gosse a laissé un certain nombre de travaux touchant à des domaines variés, notamment à l'archéologie, l'ethnographie, la géologie et la médecine. Il a publié dans ses dernières années un ouvrage important sur l'origine de certaines blessures faites par les armes à feu, qui lui fut suggéré par un cas intéressant qu'il avait eu à examiner.

La fin de sa carrière fut assombrie par la perte de sa femme, suivie à quelques années de distance par celle de sa fille, morte de la tuberculose. Il en conçut un grand chagrin et ne se remit jamais complètement de cette épreuve. L'étude qu'il entreprit sur la propagation de la tuberculose par le lait le conduisit en Danemark, d'où il revint avec des documents fort intéressants sur l'hygiène d'une part et l'archéologie de l'autre. Il publia à cette époque un volume remarqué, fruit de ses observations sur la tuberculose, puis, dans un tout autre ordre d'idées, présenta à notre société quelques remarques très curieuses concernant nos habitations lacustres et les Kjoekkenmoeddings scandinaves.

Gosse fit partie de la Société de physique dès l'année 1883, en qualité de membre actif ; il en suivait assidûment les séances. Il s'intéressait à toutes les communications, et aimait à soulever des discussions sur les sujets traités par ses collègues ou par lui-même. C'était une personnalité éminemment sympathique et originale, et ceux qui ont eu le privilège de le connaître en garderont toujours le meilleur souvenir.

PAUL CHAIX

C'était une grande et vénérable figure que celle de Paul Chaix, qui fut le maître de deux générations successives ; ses nobles traits restent profondément gravés dans mon esprit, et en écrivant ces quelques lignes bien impuissantes à retracer cette carrière si belle et si utile, je me sens pris d'une réelle émotion. Je revois toujours cette séance mémorable du 30 juin 1882, dans laquelle notre vieux professeur aimé prenait, après cinquante années d'un enseignement qui fut presque un apostolat, congé définitif de ses élèves plus émus encore que lui-même. Il me semble en-

tendre encore cet inoubliable discours d'adieu qu'il nous adressa, et dans lequel, pour la dernière fois, il nous montra tous les trésors de son intelligence, de son esprit et de son cœur. Nous lui serrâmes tous la main avec une immense tristesse, sa retraite était un deuil qui nous affligeait tous, et il nous semblait qu'avec lui s'en allait tout ce qui nous intéressait dans nos études.

Paul Chaix naquit le 1er octobre 1808 à Crest, en Dauphiné, d'un père français et d'une mère qui appartenait à une très ancienne famille genevoise. Son père, peintre de son état, avait du talent, ce qui ne l'empêchait pas d'avoir la vie quelque peu dure. Le jeune Chaix resta en Dauphiné jusqu'à l'âge de sept ans; à Valence, son dernier séjour avant d'arriver à Genève, il vit le retour des troupes françaises de l'Espagne et apprit celui de l'empereur, suivi bientôt de la nouvelle de Waterloo.

En 1815, son père vint se fixer dans notre ville, et y vécut en donnant des leçons de dessin. Paul Chaix commença alors ses premières études au pensionnat Heyer; il entendit les cours de deux hommes qui devinrent célèbres: de Töpffer et du mathématicien Sturm.

Son père ayant reçu des lettres de bourgeoisie pour les services qu'il avait rendus dans l'enseignement du dessin, Chaix devint genevois; il ne cessa de le rester jusqu'à son dernier jour. Tout jeune encore, il entra à l'Académie et eut pour professeur Augustin-Pyrame de Candolle, de la Rive, Pascalis et d'autres. A cette époque il professait déjà un goût très prononcé pour les voyages et la géographie, il s'intéressait également à l'art militaire, et à moments perdus il puisait dans les livres du général Dufour, alors simple colonel, des connaissances qui étonnèrent bien des gens qu'il rencontra dans la suite.

Alors qu'il n'était qu'un tout jeune homme, à 17 ans, nous le voyons chargé de l'éducation de Victor de Sybour; puis il quitta Genève, et de 1829 à 1832 il fit un séjour en Angleterre où il instruisit les fils du duc de Richemond. C'est de ce séjour que date son grand amour pour l'Angleterre et les institutions de ce pays; c'est là aussi qu'il publia sa première carte de la Savoie qu'il améliora dans une série d'éditions successives. Il revint par la Belgique, mais ne resta pas longtemps à Genève, et à peine de retour, poussé par son goût irrésistible des voyages, il se rend à Pétersbourg où il passe deux années occupé à instruire les enfants du prince Gagarine. Il se trouva là en contact avec de très hauts personnage avec qui, d'ailleurs, il garda des relations; il aimait à se souvenir de cette période de sa vie, et racontait certaines anecdotes de cette époque avec ce charme et cette finesse dont il avait le secret.

En 1836, il revint après avoir passé quelque temps à Paris pour des études,

puis fut nommé maître de géographie et d'histoire au Collège industriel. C'est à partir de ce moment que commence son activité dans le domaine de l'enseignement officiel. Sentant rapidement le besoin de résumer dans un ouvrage didactique les connaissances géographiques de l'époque, il publie, en 1839, son premier précis de géographie, qui en est actuellement à sa quatorzième édition, puis, deux ans plus tard, son atlas de géographie qui va servir à illustrer l'ouvrage paru précédemment. Le succès soutenu de ces deux publications s'explique par la clarté, la concision et l'exactitude qu'il apportait en toute chose; son esprit méthodique classait les faits avec un ordre toujours parfait, et sa prodigieuse mémoire lui permettait de ne rien laisser inaperçu et d'apporter en toute chose quelque détail inédit qu'il tirait de ses souvenirs.

De 1840 à 1846, à côté de ses occupations officielles, Chaix fit l'éducation de plusieurs princes et princesses qui passèrent quelque temps à Genève, entr'autres celle du prince Albert de Prusse, du duc d'Edimbourg, de la princesse de Lichtemberg, etc.

En 1846, après la révolution, il fut privé d'une grande partie de son enseignement. Il s'en consola en faisant un voyage des plus instructifs en Turquie, en Grèce et en Egypte, qui lui laissa d'excellents souvenirs, et auquel il faisait parfois allusion dans ses leçons. En 1868, Paul Chaix fut nommé professeur de géographie et d'histoire au Gymnase, et conserva cette fonction jusqu'en 1882. Il quitta librement l'enseignement, dans la plénitude de ses facultés, entouré du respect de tous ses élèves qui ne cessèrent de le regretter.

Paul Chaix s'est éteint le 23 mars 1901, sans souffrances, conservant jusqu'au bout son calme si digne et son admirable lucidité d'esprit; la nouvelle de la mort de ce vénérable nonagénaire, qui ne comptait que des amis et des admirateurs, fut un serrement de cœur pour tous ceux qui, à Genève, s'occupent de la science.

Chaix était en effet l'érudition même, il savait tout, avait tout lu et continuait à s'instruire à un âge où depuis longtemps on songe à se reposer. Sa mémoire était réellement extraordinaire; rien ne lui échappait, il se souvenait des plus petits détails, des noms les plus bizarres et les plus inconnus, c'était une encyclopédie, mais il était si profondément modeste qu'il fallait être de ses intimes ou de ses élèves pour avoir la bonne fortune de l'entendre exposer quelque parcelle de ses vastes connaissances géographiques et historiques. Le nombre des notes et écrits qu'il a laissés est considérable, ils traitent de sujets variés se rapportant toujours au domaine des sciences qui lui étaient chères; plusieurs sont originaux, d'autres sont des extraits ou des analyses de relations de voyage, fruit de ses innombrables lectures. Il n'a pas laissé de très gros volumes; il détestait la réclame et les publications

hâtives, ses ouvrages, toujours intéressants, avaient un cachet tout personnel. Il écrivit dans une foule de revues parmi lesquelles il faut citer en premier lieu *La Bibliothèque universelle*, *Le Globe*, *Les Archives*, puis *Le Magazine*. Ses publications les plus répandues furent incontestablement son précis de géographie et son atlas dont une dernière édition paraissait naguère. Il a publié une histoire de l'Amérique méridionale qui trouve grande faveur chez les spécialistes, et pour ne citer que le plus illustre parmi ceux-ci, l'historien américain Prescott.

Ses lettres des bords du Nil, publiées en 1847 dans *La Bibliothèque universelle*, sont une narration pleine d'intérêt de son voyage et une description vraiment curieuse de l'Egypte à une époque où elle n'était point assaillie comme aujourd'hui par les snobs et les voyageurs à tickets.

L'auteur de ces quelques lignes a eu l'occasion d'apprécier tout spécialement un travail de Paul Chaix qui, bien que peu connu, n'en est pas moins fort intéressant; je veux parler de son *Hydrographie de l'Arve*.

Il aimait en effet par-dessus tout les questions qui se rattachaient plus directement à la géographie physique; sans être géologue, il avait l'intuition des origines, souvent si complexes, des formes du terrain. Nous l'avons vu plus d'une fois, dans les séances de notre Société, prêter une oreille attentive aux communications qui touchaient à ce domaine, et demander une foule de détails et de renseignements complémentaires qui prouvaient l'intérêt qu'il avait pris à l'exposé qui venait d'être fait.

Le rôle qu'a joué Paul Chaix dans l'enseignement de la géographie à Genève a été considérable; ses leçons, pendant lesquelles on observait un religieux silence, étaient attendues avec impatience par ses élèves; ses jours de cours étaient jours de plaisir pour eux. Je le vois toujours en chaire, ce grand vieillard légèrement voûté, nous exposant de sa voix grave et sympathique quelque sujet de géographie ou quelque thème d'histoire. Il s'animait graduellement, puis bientôt prenait la craie, et nous dessinait au tableau les cartes des mers, des pays et des villes dont il nous parlait. Jamais il n'avait avec lui ni note ni esquisse, il tirait tout de sa mémoire, et avec une précision incomparable il nous promenait à travers les régions qu'il nous décrivait au fur et à mesure.

Il y avait dans son enseignement un grand fonds d'humanité et de philosophie, il nous montrait comment naissent les richesses des peuples, comment s'établit le commerce entre les nations; il insistait sur le rôle que joue la configuration du sol dans l'évolution des peuples qui l'habitent; puis il nous montrait aussi les résultats de l'inconséquence des hommes qui, trop souvent, par leur ardeur inconsidérée et par leur soif de l'or, modifient trop brusquement la nature, en attirant sur eux d'épouvantables fléaux.

Les honneurs ne portaient nulle atteinte à sa modestie, il en eut cependant beaucoup. Il fut chevalier de l'ordre espagnol de Charles III, de la couronne de Prusse, de l'ordre d'Albert l'Ours d'Anhalt, etc., etc. Il fut nommé correspondant de la Société royale de géographie de Londres, membre honoraire de la Société helvétique des sciences naturelles, de la Société de géographie de Paris, de la Société américaine de géographie et de statistique, de la Société suisse de topographie, de la Société écossaise de géographie, etc.

Avec Paul Chaix, c'est une figure éminemment intéressante qui disparait, mais il nous restera, à nous qui l'avons connu personnellement, son exemple et son excellent souvenir.

CHARLES GALOPIN-SCHAUB

Le savant modeste et l'homme de bien dont nous allons retracer la carrière, naquit à Genève le 30 juin 1832. Son père était changeur de son état, et bien connu dans notre monde industriel et horloger, auquel il avait rendu de signalés services. De bonne heure notre collègue montra des dispositions spéciales pour les mathématiques; il fit, comme tant d'autres, ses premières études à l'ancienne Académie, puis il se rendit à Paris, ville qui lui offrait de plus grandes ressources pour développer les facultés particulières qu'il possédait pour la science des nombres. Il suivit dans cette ville les cours de maîtres illustres, puis se présenta aux examens du doctorat ès siences mathématiques avec une thèse remarquée *sur l'équation de la surface des ondes lumineuses dans les corps bi-réfringents.*

A cette époque déjà, GALOPIN montrait une prédilection marquée pour la physique mathématique, et l'application des méthodes de calcul aux sciences exactes. Revenu à Genève où il se fixa, il fut nommé professeur suppléant de mécanique à cette même Académie qu'il avait jadis fréquentée comme étudiant.

Pendant cette première période de son activité, il publia plusieurs mémoires, entr'autres une étude sur la *théorie de la double réfraction*, parue dans les *Archives*, et qui était en quelque sorte une continuation de sa thèse, puis, en 1884, un ouvrage important sur la théorie des approximations numériques. Après la transformation de l'Académie en Université, Galopin donna pendant quelques années des cours comme privat-docent, puis en 1884 il fut nommé professeur extraordinaire de calculs de physique et d'exercices mathématiques. Il s'intéressait vivement à son enseignement, et donna une série de cours sur les mathématiques appliquées et sur le calcul

des quaternions qu'il affectionnait tout particulièrement. Il publia d'ailleurs récemment une brochure sur ce dernier sujet.

Charles Galopin aimait beaucoup l'enseignement, son caractère aimable et bienveillant lui attirait l'affection de tous ses élèves, auxquels il témoignait lui-même la plus vive sympathie. Dans le domaine de son activité pédagogique, il apporta cette conscience et cette honnêteté qui faisait le fond de son caractère. C'était en effet l'honneur et la délicatesse mêmes, son extrême modestie le faisait toujours rester en arrière quand il s'agissait de faire parler de lui, mais son dévouement le mettait au premier rang quand il fallait rendre service.

Bien que peu combatif de nature, il s'intéressa vivement à la politique de notre petit pays. Il avait été élu député au Grand Conseil en 1895, et suivait toutes les séances avec l'attention scrupuleuse qu'on pouvait attendre d'un homme tel que lui. En sa qualité de mathématicien, il s'intéressait à tout ce qui touchait aux questions financières, mais il aimait aussi les questions sociales ou humanitaires. Il fit partie de nombreuses commissions administratives dans lesquelles il apportait un concours soutenu. Il aimait à étudier à fond toutes les questions, les différents rapports qu'il présentait étaient toujours soigneusement documentés, et sans être orateur, il ne craignait cependant pas de prendre la parole lorsqu'il le jugeait nécessaire. Charles Galopin fut surtout un philanthrope et un homme de bien; il fit partie de la Société d'utilité publique et fut membre de plusieurs sociétés de bienfaisance.

En dehors des travaux scientifiques que j'ai mentionnés, Galopin a publié quelques notices concernant divers sujets, puis plusieurs livres ayant un caractère populaire; il fit également de l'enseignement privé et quelques jours avant sa mort il faisait passer des examens à l'école préparatoire de théologie.

Il s'est éteint doucement le 2 juillet, à l'âge de 69 ans.

ADOLPHE HIRSCH

L'un de nos plus anciens membres honoraires, un de nos compatriotes les plus connus à l'étranger par le rôle qu'il a joué dans la création et l'administration de deux associations internationales scientifiques permanentes, le professeur Dr Adolphe Hirsch, directeur de l'Observatoire de Neuchâtel, est mort le 16 avril 1901, dans sa 71me année.

Hirsch n'était pas Suisse d'origine. Il était né, le 21 mai 1830, dans la petite ville de Halberstadt, dans la province de Saxe, et il a fait toutes ses études en Allemagne. Son goût le portait vers l'astronomie et il a achevé de se former à Berlin,

sous la haute direction d'Encke. Puis il a travaillé à Vienne et à Paris, mais c'est notre pays qui a bénéficié de sa carrière scientifique. Il se disposait à se rendre à Paris pour travailler sous l'illustre astronome Le Verrier, lorsqu'il fit à Venise la connaissance d'un jeune Neuchâtelois, le Dr L. Guillaume, bien connu actuellement par ses travaux sur la statistique et les questions pénitentiaires, et avec lequel il se lia d'une vive amitié. A cette époque, le gouvernement neuchâtelois, mis en éveil par les rapports des délégués horlogers revenant de l'Exposition universelle de Paris de 1855, avait décidé la création d'un observatoire astronomique, indispensable pour le contrôle des chronomètres.

Le Dr Guillaume recommanda Hirsch à son gouvernement qui l'appela pour le consulter sur la construction de cet observatoire. Hirsch vint à Neuchâtel et ses avis furent si bien appréciés qu'il fut, dès le printemps de 1858, appelé à la direction du futur Observatoire dont il s'occupa immédiatement de dresser les plans. Il passa une année à Paris et entra en fonctions au printemps de 1859 pour procéder à l'achèvement de l'observatoire et à l'installation des instruments. Il s'est voué immédiatement avec toute son activité et toute son énergie au développement de cet institut scientifique et il put inaugurer le service chronométrique dès l'année 1860. Ce service n'a cessé d'être de la plus grande utilité à l'industrie neuchâteloise, et les rapports annuels que Hirsch publiait sur ce sujet sont une source de renseignements précieux. Il a été nommé professeur d'astronomie à l'Académie de Neuchâtel dès sa fondation en 1866 et il donnait encore son cours le printemps dernier. Il était un membre zélé de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel. Hirsch avait acquis la bourgeoisie des Verrières et était devenu un bon Neuchâtelois et un vrai Suisse. Il était si bien attaché à sa patrie d'adoption qu'il a tenu à lui laisser sa fortune pour servir au développement et à l'agrandissement de l'Observatoire de Neuchâtel.

Notre Société avait décerné à Hirsch le titre de membre honoraire en 1870. C'est que son rôle scientifique ne s'est pas maintenu dans les limites de son canton. Déjà en 1861 le gouvernement de la Confédération avait reçu communication du plan du général prussien Bayer de former une association des pays de l'Europe centrale pour l'extension des travaux géodésiques. La Société helvétique des sciences naturelles fut consultée la même année à Lausanne et sous l'impulsion de plusieurs savants, au premier rang desquels se plaçait Hirsch, elle appuya l'accession de notre pays au programme du général Bayer.

Une « commission géodésique suisse » fut immédiatement constituée et Hirsch en fit partie aux côtés du général Dufour, du professeur R. Wolf, de l'ingénieur Denzler et d'Elie Ritter qui fut remplacé, dès 1862, par Emile Plantamour. Il a ainsi travaillé à la mensuration exacte de notre pays et plus particulièrement au

nivellement de précision de la Suisse, qu'il a dirigé avec Plantamour. Il a été secrétaire de la commission de 1862 à 1891, puis président à la mort de Wolf en 1893. Il était le seul survivant des membres fondateurs de la commission et sa disparition y laisse un vide considérable.

A cela ne s'est pas bornée son activité en géodésie. Il a représenté la Suisse, dès 1864, dans la commission permanente et dans les conférences de l'Association pour la mesure des degrés en Europe. Il en fut un des secrétaires et il fut nommé secrétaire perpétuel de l'Association lorsqu'elle se constitua en Association géodésique internationale en 1886. Il avait dû résigner ces fonctions en 1900, sa santé l'obligeant à diminuer son activité, mais il avait encore représenté notre pays à la conférence d'octobre 1900 à Paris. Son nom restera certainement attaché à celui de l'Association géodésique, dont il a été un des membres les plus compétents et les plus écoutés pendant plus d'un tiers de siècle.

Mais son nom restera aussi attaché à celui d'une autre œuvre internationale, celle du Bureau international des poids et mesures. C'est au sein de l'Association géodésique que, pour la première fois, en 1867 et en partie sous l'impulsion de Hirsch, se fit jour la première proposition pratique ayant pour but l'œuvre maintenant presque accomplie, de l'extension du système métrique dans tous les pays du monde civilisé. Le vœu émis alors en faveur de la création d'un institut central permanent, ayant pour fonctions d'exécuter tous les travaux nécessaires à l'unification rigoureuse des mesures dans le monde entier, aboutit plus tard à la signature de la convention du mètre le 20 mai 1875, qui décidait l'établissement du Bureau international des poids et mesures, placé sous la surveillance d'un comité directeur, dont Hirsch fut membre et où il remplit également les fonctions de secrétaire dès l'origine. Il a pris une part active à toute la période de création et d'installation du bureau, il en suivait le développement avec sollicitude et il a eu la satisfaction de voir ses efforts couronnés de succès dans la pleine réussite des travaux publiés par le Bureau international.

Hirsch n'a pas laissé de publication très importante. Au début de sa carrière, il a fait paraître de nombreuses notes sur des sujets d'actualité scientifique et sur des recherches spéciales de chronométrie et d'astronomie pratique. Plus tard, son temps a été envahi par ses fonctions internationales et par la publication des nombreux procès-verbaux, comptes rendus de séances et de conférences qu'il rédigeait avec la plus grande exactitude et le plus grand soin. C'est surtout par le côté international de son activité, qui n'a nullement diminué, d'ailleurs, l'importance du rôle qu'il jouait dans son canton, que Hirsch a rendu d'éminents services à son pays tout entier et qu'il a jeté un lustre tout particulier sur l'Observatoire de Neuchâtel.

CARL-ED. CRAMER

C.-E. Cramer est né à Zurich en 1831, d'une famille de commerçants aisés. C'est dans sa ville natale qu'il parcourut tout le cycle de ses premières études. De bonne heure, il manifesta du goût pour les sciences et débuta en 1851 par un mémoire de chimie organique; il aimait aussi le dessin et acquit dans le maniement du crayon une facilité qui lui fut précieuse dans sa carrière. Mais c'est à l'Université de Zurich, lorsqu'il se trouva en contact avec l'illustre Nægeli, que sa vocation se dessina. Il subit promptement l'influence de cet esprit éminent et devint l'un de ses plus fidèles disciples. Il adopta en particulier ses idées sur la théorie de l'évolution dont il devint un des adeptes convaincus, tout en admettant que la sélection naturelle ne suffit pas pour rendre compte de tous les phénomènes, mais doit être complétée par une loi de développement interne de perfectionnement spontané. L'ouvrage qu'il a consacré à la mémoire de son maître *(Leben und Wirken von C.-W. von Nægeli, Zurich, 1896)* renferme un exposé lumineux de ces vues théoriques.

En 1852, Nægeli fut nommé à Fribourg-en-Brisgau; Cramer l'y accompagna, y séjourna trois ans, y reçut le grade de docteur et travailla avec lui à diverses publications faites en commun *(Pflanzenphysiologische Untersuchungen)*. En 1855, il revint à Zurich, puis fit un long voyage en Italie et fut ensuite retenu assez longtemps par la maladie. En 1856, l'Ecole polytechnique fédérale était fondée et Nægeli chargé du cours de botanique générale; il ne conserva ce poste que pendant une année et en 1857, son disciple le remplaçait en qualité de chargé de cours d'abord puis, dès 1861, de professeur ordinaire. Il conserva ce poste jusqu'à sa mort et, de 1880 à 1883, fut en outre professeur de botanique à l'Université.

Les premiers travaux de Cramer consacrés au développement des idées de Nægeli se rapportent principalement à l'histoire anatomique des organes végétaux. Ses recherches sur la cellule terminale et sur sa signification dans la structure des organes, sont de première importance et font époque. Rien n'égale la patience, l'adresse et l'ingéniosité avec lesquelles il poursuivit l'anatomie des tissus en remontant pour ainsi dire à l'origine de chaque cellule. On l'a vu pendant des journées entières quitter à peine de l'œil son microscope pour arriver à reconstituer la généalogie d'une cellule. Ses dessins élégants, nets, précis et dont beaucoup n'ont jamais été publiés, remplissent des cartons dans les armoires du Polytechnicum.

Cette série de travaux se rapporta principalement aux algues floridées et siphonées. Il s'occupa aussi de la cellule elle-même et ses recherches sur la croissance de la membrane, sur sa structure moléculaire, sur les phénomènes de polarisation dans les corps végétaux, sont importantes. Il avait du reste collaboré à l'ouvrage fondamental de Nægeli sur les grains d'amidon et les phénomènes d'intussusception.

Il publia aussi plusieurs mémoires relatifs aux anomalies de structure et à l'utilité de leur étude pour déterminer la valeur morphologique des organes normaux. Une violente épidémie de fièvre typhoïde qui éclata à Zurich en 1884 l'amena à s'occuper de bactériologie et, après un séjour à Munich, il publia plusieurs études sur les eaux potables et les organismes qu'elles peuvent renfermer.

Les fonctions professorales de Cramer ont pris une place importante dans son activité. Nous avons déjà dit qu'il occupa la chaire du Polytechnicum pendant 44 ans et il enseigna toutes les branches de la botanique, y compris la systématique (cette dernière de 1870 à 1879). Il consacrait beaucoup de temps et de travail à son enseignement et c'est par milliers qu'on retrouve les préparations microscopiques et les objets de démonstration préparés pour ses cours. Son biographe et ancien élève, le professeur Schrœter, caractérise ainsi sa méthode de travail : Un soin minutieux et une conscience absolue dans les recherches, une critique personnelle sévère, une exposition claire et condensée des résultats acquis et toujours un coup d'œil général permettant d'apprécier leur valeur. A côté de cela, il témoigna constamment un réel intérêt à ses élèves et une paternelle sollicitude pour leurs progrès. Rien d'étonnant s'il eut une grande influence sur eux, influence qui s'est manifestée par le fait que quatorze de ses anciens disciples se sont consacrés à la même science que lui, sont actuellement professeurs dans différents pays et ont pu presque tous se trouver réunis autour de lui lors des fêtes qui célébrèrent son 70me anniversaire.

Son activité ne fut pas moindre dans le champ des sociétés scientifiques. Longtemps secrétaire de la Société zurichoise des sciences naturelles, il la présida de 1876 à 1878. A la Société helvétique des sciences naturelles, il fut membre du comité central, président de la commission des mémoires; enfin il présida la session tenue à Zurich en 1883. Les distinctions honorifiques ne lui firent pas défaut : sa capacité de travail persista jusqu'au bout. Le 11 novembre, il fit encore une démonstration microscopique à quelques étudiants, puis eut une attaque en rentrant chez lui et expira le 24 novembre sans avoir repris connaissance. Un long cortège d'amis, d'anciens élèves et d'étudiants l'accompagna à sa dernière demeure et montra dans quelle estime était tenu cet homme d'un commerce parfaitement sûr, d'un abord toujours bienveillant et d'une haute distinction intellectuelle.

(Extrait de la biographie publiée dans la *Neue Zürcher Zeitung* le 1er décembre par le professeur C. Schroeter.)

HENRI DE LACAZE-DUTHIERS

Le 21 juillet est décédé, à l'âge de 80 ans, l'un de nos membres correspondants les plus illustres, M. H. de Lacaze-Duthiers, professeur de zoologie et d'anatomie comparée à la Faculté des sciences de Paris, né à Montpezat (Lot-et-Garonne) en 1821. Fondateur des laboratoires de zoologie de Roscoff et de Banyuls-sur-Mer, il a, pendant plus d'un demi-siècle, exercé une influence considérable sur les progrès de la zoologie en France, autant par son enseignement que par ses recherches originales et la publication d'un périodique : les *Archives de zoologie expérimentale* qu'il a su maintenir au premier rang des recueils du même genre publiés en langue française. Dernier survivant de ce triumvirat renommé dont les deux autres membres furent H. Milne-Edwards et de Quatrefages, il a principalement appliqué son talent d'observateur et son habileté d'anatomiste à l'étude des Mollusques, des Tuniciers, des Vers et des Cœlentérés des côtes de France. Son *Histoire naturelle du corail rouge* est universellement considérée comme un chef-d'œuvre du genre monographique. Il avait porté à un point de perfection l'art de la fine dissection sous la loupe, lequel, depuis l'avènement des méthodes de la microscopie moderne, est malheureusement en train de se perdre. A ce titre surtout, le nom de M. de Lacaze-Duthiers sera tenu en haute estime par les naturalistes des siècles à venir.

CHARLES MAUNOIR

Charles-Jean Maunoir est né à Poggibonsi, en Toscane, le 23 juin 1830. Il fit ses études à Genève, à l'Académie, puis entra à l'Ecole centrale de Paris en 1851.

Il revendiqua ses droits de citoyen français, comme descendant d'une famille d'origine française réfugiée à Genève pour cause de religion; puis il s'engagea en 1852 dans l'armée française, dans le corps des chasseurs à cheval.

Un accident l'obligea à prendre sa retraite en 1853. En 1855 il entra aux Archives du dépôt des cartes de la guerre, et y devint sous-chef de bureau.

En 1867 il fut nommé secrétaire général de la Société de géographie de Paris, et remplit ses fonctions avec une grande distinction pendant vingt-neuf années. Il était aussi membre de la Commission des missions et voyages scientifiques et du Comité des travaux historiques.

Il fut décoré de la Légion d'honneur en 1869. En 1892 il reçut la grande médaille de la Société de géographie de Paris; enfin, lors de sa retraite, en 1896, il fut nommé secrétaire général honoraire de la Société de géographie de Paris.

Charles-Jean Maunoir vient de mourir, le 22 décembre 1901, dans sa soixante-onzième année.

Charles Maunoir a écrit surtout sur l'histoire de la topographie et sur la cartographie. La plupart de ses écrits ont paru dans le *Spectateur militaire*, le *Journal des sciences militaires* et le *Bulletin* de la Société de géographie de Paris.

Il a laissé beaucoup de notices cartographiques, entre autres : sur la *carte topographique de Belgique*, sur la *carte du Grand-Duché de Bade*, sur les *cartes du sud-ouest de l'Allemagne dressées par l'Institut géographique militaire de Vienne*, sur la *carte de la Suisse au 1 : 100,000*me, sur la *topographie officielle en Europe en 1862*, sur la *carte du Liban exécutée par le Dépôt de la guerre*, sur la *carte de l'Italie centrale et de la Sicile dressée par l'Etat-major italien*, sur les *plans en relief de M. Bardin*, sur la *gravure sur pierre appliquée aux cartes;* puis un *Aperçu historique sur la topographie militaire et les ingénieurs géographes*. Il a écrit plusieurs travaux plus spécialement militaires : *Essai sur le corps d'Etat-major italien et sur son bureau supérieur*, *Résumé historique de la défense de Mexico*, *Résumé de la campagne d'Italie d'après la publication du Dépôt de la guerre*.

Ses écrits géographiques sont : *La Nouvelle-Zélande, colonie anglaise*, puis ses remarquables *Rapports annuels sur les progrès des sciences géographiques*, parus dans le *Bulletin* de la Société de géographie de Paris, puis un grand nombre de *Rapports* sur les prix décernés par la Société de géographie.

Enfin, de 1876 à 1880, Charles Maunoir succéda à Vivien de Saint-Martin dans la rédaction de l'*Année géographique*.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Voici maintenant l'énumération des travaux et communications scientifiques présentés à notre Société :

Physique et chimie.

Dans la séance du 7 février, M. F. KEHRMANN fait une communication sur quelques résultats obtenus par lui en collaboration avec ses élèves, V. VESELY, E. MISSLIN, C. STAMPA et A. DENGUIN, et qui viennent confirmer d'une manière irréfutable le bien fondé d'une théorie émise par l'auteur il y a deux ans et concernant la *constitution chimique de trois classes de colorants organiques, dérivant de l'oxazine, de la thiazine et de l'azonium.*

Le 4 avril, M. Th. TOMMASINA communique le résultat de ses études sur les *phénomènes des radioconducteurs.* Cette étude a pour but de défendre la théorie de la cohérence en expliquant les différents phénomènes qui ont eu lieu dans les radioconducteurs.

Dans la même séance, M. Jules MICHELI décrit *un appareil pour déterminer le noircissement des plaques photographiques sous l'action de la lumière,* appareil qu'il a étudié avec M. F. MARTENS.

M. le professeur Ph.-A. GUYE a rendu compte dans la séance du 2 mai de divers travaux effectués dans son laboratoire :

1° *Des recherches sur le poids des gouttes,* faites en collaboration de M. F.-Louis PERROT et dont ce dernier a déjà entretenu la Société.

2° *Des mesures d'ascensions capillaires sur divers liquides organiques,* effectuées en collaboration avec M. BAUD.

3° *Des déterminations de constantes critiques (températures et pressions)* faites avec M. MALLET, relatives à quelques nitriles dérivés de l'aniline et d'hydrocarbures aromatiques.

M. Ch.-Eug. GUYE, dans la séance du 6 juin, expose deux communications :

La première concerne les résultats obtenus par M. L. KASANZEFF au laboratoire de physique de l'Université sur la *mesure de très faibles capacités.*

Dans la seconde, M. le professeur Ch.-E. GUYE rend compte des résultats d'un travail entrepris dans son laboratoire par M. A. BERNOUD sur une *méthode électrothermique tout à fait générale destinée à mesurer la puissance des courants relativement variables.*

Dans la même séance, M. C. MARGOT, préparateur au cabinet de physique, a présenté un *galvanomètre thermo-électrique*, très simple, devant servir dans les cours de physique expérimentale à la démonstration des lois de la chaleur rayonnante.

M. le professeur Ch.-E. GUYE, dans la séance du 1er août, a rendu compte des recherches qu'il a entreprises pour la mesure de la capacité dans les courants polyphasés.

M. F. REVERDIN, dans la même séance, présente trois différents travaux qu'il a exécutés avec la collaboration de M. CRÉPIEUX :

1° Sur l'*action de l'acide nitrique sur la toluène-o-nitro-p-sulfamide* et la *nitration du p-sulfochlorure de toluène.*

2° Sur *quelques dérivés du p-sulfochlorure de toluène* et de *l'o-nitro-p-sulfochlorure de toluène.*

3° Sur l'*acétamido-parabenzoyl β naphtol*, et sur le *benzoyl-amido-parabenzoyl β naphtol.*

Le 3 octobre, M. le professeur LOUGUININE a communiqué les résultats de ses travaux sur la *formation des alliages en proportions définies.*

Dans la séance du 19 décembre M. F.-Louis PERROT a fait en son nom et en celui de M. le professeur Ph.-A. GUYE une communication sur le résultat de leurs recherches entreprises sur l'*écoulement des liquides par gouttes.*

Dans la même séance, M. Jules MICHELI a communiqué ses *recherches sur l'influence de la température sur les indices de réfraction des corps solides transparents.*

Minéralogie et géologie.

Dans la séance du 3 janvier, M. le professeur Louis DUPARC a fait hommage à la Société de sa *carte géologique du Mont-Blanc.*

Dans une communication préliminaire, le même professeur a rendu compte du

récent voyage d'exploration qu'il a fait pendant deux mois dans l'Oural, en compagnie de son assistant le Dr PEARCE.

M. le professeur L. DUPARC, dans la séance du 21 février, a présenté une communication sur les *pyroxénites du Kassewinsky Kamen*, massif qu'il a exploré l'année dernière.

Dans cette même séance, M. J. BRIQUET a rendu compte des observations qu'il a faites sur des *vestiges de l'époque glaciaire en Corse.*

Le 7 mars, M. le professeur MRAZEC a entretenu la Société des recherches qu'il a entreprises en collaboration avec M. le professeur L. DUPARC sur l'*origine de l'Epidote.*

Dans la même séance, M. le professeur MRAZEC fait une seconde communication sur l'*origine des lacs dits salés de la plaine roumaine.* Ces lacs sont particulièrement concentrés dans la partie sud-ouest de la plaine et le long du Danube.

Dans la séance du 18 avril, M. A. BRUN a entretenu la Société des observations qu'il a faites durant une excursion géologique au Stromboli, en mars 1901.

M. le Dr F. PEARCE, dans la séance du 2 mai, en son nom et en celui de M. le professeur L. DUPARC, a présenté une communication sur les *feldspaths contenus dans les roches de la série des gabbros* provenant de la montagne de Tilaï Kamen, dans le bassin supérieur de la Kosswa. Les caractères optiques de ses feldspaths, correspondent à ceux de variétés très basiques voisines du groupe de l'anorthite.

Dans la même séance, M. le professeur L. DUPARC, en son nom et en celui de M. le Dr F. PEARCE, a présenté à la Société un travail sur *les gabbros à olivine du Kosswinsky-Kamen*, lesquels forment une arête assez élevée appelée par les auteurs *Pharkowsky-Oural*, qui flanque le Kosswinsky à l'ouest.

Dans la séance du 4 juillet, M. le professeur L. DUPARC a exposé la suite des recherches entreprises avec M. le Dr F. PEARCE sur les *roches platinifères de l'Oural.*

Dans la séance du 3 octobre, M. le professeur Ch. SARASIN a fait une communication sur la *stratigraphie du versant ouest de la chaîne du Noirmont-Pléiades*, envisagée surtout au point de vue des formations infraciétactiques.

Dans la séance du 7 novembre, M. le professeur L. DUPARC a parlé des nouvelles recherches qu'il a faites cette année dans les *montagnes du Kosswinsky et sur l'origine du Platine.*

Dans la séance du 19 décembre, M. A. BRUN a parlé de la *constitution des basaltes du Stromboli* dont il a observé 31 variétés se rapprochant du type *basalte à*

Labrador. A l'occasion de ces recherches, il a en outre déterminé le point de fusion de quelques minéraux.

Botanique, Zoologie, Psychologie.

Dans la séance du 21 mars, M. Ed. CLAPARÈDE a signalé *certaines confusions qui planent sur la psychologie animale*, et sont la source de malentendus et de discussions stériles.

Le 21 mars également, M. le Dr L. ZEHNTNER rend compte des études qu'il a faites à Java sur *les animaux qui attaquent la canne à sucre :* les plus dangereux d'entre eux sont des chenilles de lépidoptères, de la famille des *Pyralides* et de celle des *Tortricides*.

M. Ed. CLAPARÈDE, dans la séance du 4 juillet, a communiqué de nouvelles expériences faites au laboratoire de psychologie sur la *vitesse de soulèvement des poids de volumes différents*, et qui confirment entièrement ses recherches entreprises précédemment sur le même sujet.

M. BRIQUET, dans la séance du 21 novembre, a fait une communication relative à la *topographie du système secréteur de la tige des centaurées*.

Le 5 décembre, la Société a entendu une communication de M. BRIQUET sur le genre d'ombellifères, le genre *Physocantos* dont la place est contestée dans la classification.

Dans la même séance, M. Casimir de CANDOLLE a signalé un nouveau genre d'*ascidies foliaires*, qui se rencontre chez une espèce de ficus des Indes.

Physiologie, Médecine et Anthropologie.

Dans sa séance du 3 janvier, la Société a entendu une communication de M. le professeur d'ESPINE concernant l'origine de *la Malaria*. M. d'ESPINE a indiqué les résultats obtenus en Italie, dans les pays à Malaria, par le blindage des maisons à l'aide de toiles métalliques, destinées à éliminer les moustiques.

Dans la séance du 21 février, MM. PREVOST et BATELLI ont rendu compte de quelques expériences relatives à *la restauration du cœur du chien* paralysé par l'asphyxie, produite par la ligature de la trachée.

Les mêmes auteurs, MM. Prevost et Batelli, dans la séance du 2 mai, ont confirmé, par de nouvelles expériences faites sur le chien et le chat, les résultats précédemment obtenus et communiqués le 21 février.

M. Batelli a rendu compte, dans la séance du 3 octobre, d'expériences qu'il a faites sur les *propriétés rhéotactiques des spermatozoïdes*.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut encore disposer d'une collection complète de ses *Mémoires.* (Tomes I-XXXIII et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : au Musée d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XVIII (1884-1901). Prix Fr. 20

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896). Prix . . . . . Fr. 10

IMP. W. KÜNDIG & FILS, GENÈVE.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 34

Fascicule 2 — (Juin 1902)

Recherches géologiques et pétrographiques
sur l'Oural du Nord
par Louis DUPARC et Francis PEARCE

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

PRIX : FR. 20.—

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 2, VOLUME 34

Pages

Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Rastesskaya et Kizelowskaya-Datcha (Gouvernement de Perm), par Louis Duparc, professeur à l'Université de Genève, et Francis Pearce, docteur ès sciences, assistant du Laboratoire de minéralogie de l'Université.

Première partie. (Avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 16 clichés dans le texte). 57

MÉMOIRES

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

VOLUME 34, FASCICULE 2.

RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET PÉTROGRAPHIQUES

SUR

L'OURAL DU NORD

DANS LA

RASTESSKAYA ET KIZELOWSKAYA-DATCHA

(GOUVERNEMENT DE PERM)

PAR

Louis DUPARC

Professeur à l'Université de Genève

ET

Francis PEARCE

Docteur ès-sciences,

Assistant du Laboratoire de minéralogie de l'Université.

PREMIÈRE PARTIE

Avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 16 clichés dans le texte.

PRÉFACE

En l'année 1900, le prince Abamelek-Lazarew m'a proposé d'entreprendre une série de recherches géologiques sur ses vastes propriétés de la Rastesskaya et de la Kizelowskaya Datcha, dans l'Oural du Nord. Je fis à cette époque, en compagnie de M. F. Pearce mon assistant et de Mme Tikanowitch qui voulut bien nous servir d'interprète, une première campagne qui dura deux mois, pendant laquelle nous avons principalement exploré le massif du Koswinsky et ses contreforts naturels, ainsi que la région des sources des rivières Kyria et Koswa.

L'an dernier, je suis retourné dans la contrée pour y continuer mes recherches, accompagné cette fois par M. H. Parent, un de mes élèves, et par Mme Tikanowitch. Favorisés par le beau temps, si rare dans ces parages, j'ai pu

terminer mes recherches sur le Koswinsky, puis explorer complètement deux autres montagnes, celle du Katéchersky et du Tilaï, que nous n'avions qu'entrevues l'an précédent ; j'ai également parcouru la région située entre les rivières Tépil et Tilaï, ainsi que les montagnes qui encaissent la rive droite de la Koswa jusqu'à Troïtsk ; mes recherches sur cette partie de la contrée s'achèveront sans doute cette année.

Les résultats des différents travaux auxquels nous nous sommes livrés aussi bien sur le terrain que dans le laboratoire, feront l'objet de deux mémoires, dont le premier, qui paraît aujourd'hui, contient, en dehors des généralités sur la région, la monographie des montagnes du Koswinsky et du Katéchersky. M. F. Pearce m'ayant assisté lors de ma première expédition, j'ai cru devoir l'associer à la publication de ce premier mémoire. Notre collaboration a été établie sur les bases suivantes : Les recherches sur le terrain sont en partie l'œuvre de MM. L. Duparc et F. Pearce, en partie celle de M. L. Duparc seul. L'étude microscopique et la détermination pétrographique des différentes roches rencontrées, la partie chimique du travail ainsi que la rédaction, ont été faites par M. L. Duparc, la mesure des indices de réfraction et de l'angle des axes optiques des divers minéraux de nos roches est l'œuvre de M. F. Pearce.

En terminant cette préface, je tiens à remercier sincèrement mes compagnons de voyage qui ont partagé avec moi les hasards d'une existence que le climat du pays rendait souvent pénible ; puis je saisis cette occasion pour témoigner toute ma gratitude à M. Grammatchikow, ingénieur des mines, directeur des usines de Kizel, qui m'a facilité considérablement le travail en mettant obligeamment à ma disposition tous les moyens et le personnel nécessaires.

Genève, juin 1902.

L. Duparc, prof.

DIVISION DU TRAVAIL ET INDICATIONS GÉNÉRALES

Nous avons divisé ce mémoire en trois parties :

La *première partie* comprend la description géophysique de la contrée parcourue, nécessaire pour pouvoir suivre l'étude géologique que nous en avons faite. Nous avons joint à l'examen de l'orographie et de l'hydrographie un rapide aperçu des conditions générales du pays, de la faune, de la flore, des populations, estimant que la connaissance de ces conditions est indispensable pour quiconque voudrait entreprendre des recherches analogues.

La *seconde partie* traite de la géographie, de la géologie, et de la pétrographie de la montagne du Koswinsky.

La *troisième partie* est consacrée à la description de la petite montagne du Katéchersky, ainsi qu'à l'étude des roches qu'on y rencontre.

Pour suivre ces différentes descriptions, on consultera avec avantage la feuille 126 de la carte au 1 : 420,000 de la Russie publiée par le Comité géologique, qui comprend une faible partie de la région parcourue ; ou mieux encore la carte des districts de Solikamsk et Tscherdyn, publiée en 1888 par le même comité, et coloriée géologiquement par Krotow. Malheureusement le relief n'est point figuré sur ces différentes cartes, et souvent leur exactitude est bien problématique. Nous avons cherché dans cet ouvrage à combler les lacunes que présente la carte générale, par des descriptions aussi précises que possible, jointes à des esquisses et des photographies qui donnent une idée plus exacte de la topographie. Pour le Koswinsky et les régions limitrophes, nous avons levé un croquis topographique sur le canevas de la carte, en nous servant pour cela de vues prises de divers points ; ce croquis n'a aucune prétention à l'exactitude, il donne seulement la disposition générale du relief de la contrée et permet de s'orienter aisément, ce qui auparavant n'était pas aisé vu la difficulté d'accès des points élevés et la rareté d'un ciel sans nuages.

Au cours de nos différentes excursions, nous avons relevé une foule de cotes barométriques au moyen d'un anéroïde de Goldschmidt vérifié par nous ; la variabilité du temps et le manque d'un baromètre à mercure comme témoin dans une station déterminée, auraient rendu nos déterminations bien illusoires, surtout dans un pays où une dénivellation de deux cents mètres est fort importante pour le relief.

Pour atténuer ces inconvénients, nous avons, dans la mesure du possible, multiplié nos déterminations des cotes de certains points pris par nous comme base, et nous avons chaque jour déterminé les pressions au départ et à l'arrivée, en notant les variations du temps qui s'étaient produites durant le jour. La base choisie en 1900 était différente de celle prise en 1901; en calculant cependant les hauteurs de certains points mesurés au cours des deux campagnes à partir de ces deux bases, nous avons obtenu des résultats sensiblement concordants, ce qui est une vérification. Nous avons résumé en un tableau général les principales cotes relevées d'après les pressions, et mis en regard la hauteur réelle après les corrections apportées.

La partie pétrographique de ce travail a été traitée avec un grand soin; le nombre des coupes examinées a été considérable et sur chacune les propriétés optiques des minéraux constitutifs ont été déterminées complètement, de façon à permettre des comparaisons et des généralisations. Les constantes optiques de plusieurs de ces minéraux ont été mesurées spécialement avec une grande exactitude, les indices de réfractions notamment au moyen d'un réfractomètre de Wallerant modifié légèrement par nous, qui assure la troisième décimale dans tous les cas; l'angle des axes optiques a été déterminé soit directement par l'appareil ordinaire, soit au moyen de la méthode réticulaire de Mallard. Comme nous nous sommes attachés à examiner les variations d'un même minéral dans une même roche, nous avons toujours, quand faire se pouvait, mesuré les indices sur des coupes orientées, dont l'une permettait également la mesure de l'angle des axes optiques.

Comme contrôle des indices, nous avons mesuré indépendamment bon nombre de biréfringences par le comparateur, ou le compensateur de Babinet.

Les feldspaths de nos différentes roches ont été déterminés par des méthodes multiples qui se contrôlaient mutuellement. Pour l'intelligence de la partie descriptive, nous indiquerons la signification des abréviations adoptées. Nous appellerons Sn_g, Sn_p, Sn_m, S A et S B, les sections perpendiculaires aux trois indices principaux et aux deux axes optiques; les mâcles de l'albite, de Karlsbad, et de la péricline sont désignées par Ab, K et P; les notations des individus mâclés simultanément selon l'albite et Karlsbad est celle adoptée par M. Michel-Lévy[1]; dans le cas de feldspaths zonés, E désigne l'éclairement commun, les différentes zones sont notées par les lettres a. b. c. d., etc., a. est toujours l'individu central. Nous avons utilisé pour les déterminations les courbes et épures de M. Michel-Lévy[2]; le tableau de

[1] Michel-Lévy. *Études sur la détermination des feldspaths*, Paris, 1894.

[2] Michel-Lévy. *id.* » » deuxième fascicule, Paris, 1896.

M. Fouqué[1], nos[2-3] courbes établies pour la zone h^1 g^1, puis une série de projections stéréographiques dressées par nous pour l'utilisation de la mâcle de la péricline, et qui sont encore manuscrites. Les sections douteuses ont été passées au réfractomètre de Wallerant; nous avons aussi, quand faire se pouvait, utilisé la méthode de Becke; les valeurs $\triangle^1$ $\triangle^2$ ∂^1 ∂^2 sont prises dans le sens adopté par M. Michel-Lévy.

Les analyses publiées dans ce mémoire ont toujours été faites en double, la moyenne seule est indiquée; les méthodes suivantes ont été employées: Les bases ainsi que le silice ont été déterminés après attaque par le carbonate de soude; les alcalis dosés sur une prise désagrégée à l'acide fluorhydrique, le potassium a été déterminé par le platine métallique et jamais par le chloroplatinate. Le fer ferreux a été titré par le permanganate, après solubilisation de la substance dans l'acide fluorhydrique, en présence d'un courant d'anhydride carbonique; la perte au feu a été déterminée à la température du bec Téclu; les éléments rencontrés à l'état de traces n'ont pas été dosés. L'interprétation des résultats analytiques a été faite selon la méthode proposée par M. Lœwinson-Lessing[4], qui nous parait la plus pratique et qui a présenté l'avantage de nous permettre des comparaisons immédiates avec des types de roches plus ou moins analogues aux nôtres, provenant du Daneskin-Kamen, situé au Nord du Koswinsky, roches décrites récemment par l'auteur[5] en question.

Nous n'avons créé de nouvelles dénominations pour nos roches que lorsque cela était absolument nécessaire et avons utilisé autant que cela nous a été possible les noms déjà existants, en donnant les explications complémentaires que nous avons jugées utiles. Pour les quelques rares noms nouveaux que nous proposons, nous nous sommes conformés aux règles adoptées par le congrès de 1900.

[1] Fouqué. *Etudes sur les feldspaths.* Bulletin Soc. minéral de France, t. XVII.

[2] L. Duparc et F. Pearce. *Notes sur quelques applications des sections en zone,* etc. Archives de Genève, février 1897.

[3] F. Pearce et L. Duparc. *Sur quelques données optiques relatives à la mâcle de péricline.* Compte rendu de l'Académie des sciences, juillet 1901.

[4] Lœwinson-Lessing. *Studien über Eruptivgesteine.* Congrès géologique international de Petersburg, 1897.

[5] Lœwinson-Lessing. *Geologische Skizze der Besitzung Jushno-Saosersk und des Berges Daneskin-Kamen,* Dorpat, 1900.

BIBLIOGRAPHIE

La liste des travaux qui concernent de près ou de loin la région étudiée a été donnée jusqu'en 1888 par M. Krotow : nous n'y reviendrons pas et ne donnerons la liste bibliographique qu'à partir de l'année en question, en y ajoutant quelques ouvrages qui, sans se rapporter à la contrée même que nous avons parcourue, seront cependant plusieurs fois cités au cours de ce travail.

Liste bibliographique.

1888 P. Krotow. *Geologische Forschungen am westlichem Ural-Abhange in den Gebieten von Tscherdyn und Solikamsk.* Mémoires du Comité géologique, Volume VI.

1889 A. Krasnopolsky. *Allgemeine geologische Karte von Russland.* Blatt 126. Perm Solikamks. *Geologische Untersuchungen am Westabhange des Urals.* Mémoires du Comité géologique, Volume XI, 1 et 2.

1891 A. Krasnopolsky. *Carte géologique générale de la Russie.* Feuille 126. Perm Solikamsk. *Notes explicatives à la carte géologique.*

1898 A. Saytzeff. *Die Platin-Lagerstätten am Ural.* Tomsk.

1898 G. Michaïlowsky. *Contributions pour la connaissance de la pétrographie de l'Oural du Nord.* (Rastesskaya et Kizelowskaya Datcha) (en russe exclusivement), Varsowie, 1898.

1900 F. Lœwinson-Lessing. *Geologische Skizze der Besitzung Jushno-Saosersk und des Berges Daneskin-Kamen.* Jurjew.

1901 L. Duparc. *Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord I.* Archives de Genève.

id. L. Duparc. *Deux mois d'exploration dans l'Oural* (Rastesskaya-Datcha). In *le Globe,* journal géographique de Genève.

id. L. Duparc et F. Pearce. *Sur la Koswite, une nouvelle pyroxénite de l'Oural.* Comptes rendus de l'Acad. des scienc. de Paris, avril.

id. L. Duparc et F. Pearce. *Sur le gabbro à olivine du Koswinsky-Kamen.* Comptes rendus de l'Acad. des scienc. de Paris, juin.

1901 L. Duparc et F. Pearce. *Sur la dunite du Koswinsky-Kamen.* Comptes rendus de l'Acad. des scienc., septembre 1901.

id. L. Duparc. *Recherches géologiques sur l'Oural du Nord, II.*

1. *Géologie du bassin de la Kosva.*

2. Avec S. Jerchoff. *Sur les plagiaplites filonniennes du Koswinsky.* Archives de Genève, 1902.

id. L. Duparc. *Sur quelques roches filonniennes qui traversent la dunite massive du Koswinsky.* Comptes rendus de l'Acad. des scienc., mars.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

Orographie générale.

§ 1. Situation géographique de la région étudiée. — § 2. Caractère général des chaînes. — § 3. Les chaînes occidentales entre la Kama et la Koswa. — § 4. La chaîne de l'Aslianka-Dikar-Ostry. — § 5. La chaîne du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï. — § 6. La région comprise entre l'Aslianka et le Koswinsky. — § 7. Les montagnes situées à l'est de la ligne de partage. — § 8. Répartition des zones occupées par les principales formations.

§ 1. *Situation géographique de la région étudiée.*

La région que nous avons explorée est comprise entre le 26° et le 29° de longitude est du méridien de St-Pétersbourg, et le 59° et 60° de latitude nord. Elle fait déjà partie de l'Oural septentrional, et comprend tout le bassin supérieur de la rivière Koswa, tributaire important de la Kama. Elle appartient au district de Solikamsk, dans le gouvernement de Perm, sa limite orientale passe à quelques kilomètres à l'est de la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes, elle est donc en majorité située sur le versant européen de la grande chaîne. Vers le nord, la zone explorée ne dépasse pas les sources de la rivière Tilaï, au sud, sa limite s'arrête un peu en aval du village de Troïtsk, à l'ouest enfin, elle coïncide plus ou moins avec le cours de la Koswa, entre les villages de Troïtsk et Verkh-Koswa.

Cette vaste contrée forme un rectangle allongé selon la direction NS, dont les côtés mesurent respectivement 60 et 30 kilomètres environ; elle comprend toute la Rastesskaya Datcha dont le village de Rastess forme le centre administratif, puis vers l'est, une partie de la Semiwladitchewskaya et de la Pawdinskaya-Datcha, vers l'ouest et le sud enfin, une minime portion de la Kizelowskaya-Datcha. Elle appartient à la zone montagneuse des chaînes centrales voisines de la ligne de

partage, et à l'exception de quelques rares sommets ou crêtes rocheuses, elle est couverte d'épaisses forêts.

§ 2. *Caractère général des chaînes.*

La disposition orographique des chaînes qui se succèdent de l'ouest à l'est, sur la région parcourue, est indispensable pour bien comprendre leur structure géologique. L'Oural, comme on le sait, forme une chaîne dissymétrique composée, qui, envisagée sur toute son étendue, présente au point de vue topographique une uniformité remarquable. Tandis que le versant occidental est constitué par de nombreuses rides, plus ou moins parallèles, dont la hauteur généralement faible croît de l'Ouest vers l'Est pour atteindre son maximum à la ligne de partage ou plus souvent encore un peu à l'ouest de celle-ci; le versant oriental, par contre, se résume à quelques chaînes qui ne sont parfois que de simples mouvements de terrain, et qui s'effacent rapidement pour faire place à une plaine, qui n'est point encore la Sibérie au sens géographique de ce mot, mais qui fait toujours partie de l'Oural aussi bien par les formations géologiques qu'on y rencontre, que par la disposition même qu'elles y affectent.

Tout le versant oriental paraît donc avoir été le siège d'une érosion considérable, bien plus intense que celle qui a attaqué le flanc occidental de cette chaîne, et cependant l'existence de plis et de rides importants sur le versant sibérien est encore attestée par l'allure même des couches abrasées, recouvertes en maints endroits par les dépôts de la mer tertiaire.

Cette disposition curieuse est bien connue dans l'Oural du sud, elle a frappé les géologues qui, au congrès de 1897, visitèrent sous l'excellente direction de leurs collègues russes, la région située le long du chemin de fer transsibérien; la structure si particulière de la chaîne, ressort clairement de l'examen du grand profil levé selon le 55° parallèle nord, d'Oufa à Tschélabinsk par les Taganaï et les Monts Ilmen.

Dans la contrée que nous avons étudiée, on retrouve trait pour trait les mêmes caractères, et un profil général levé de la Kama, entre Perm et Solikamsk, jusqu'à l'Oural sibérien, en passant par l'Aslianka et le Koswinsky, rappellerait beaucoup le précédent, à cette différence près cependant qu'ici, la ligne de partage coïnciderait en partie avec la ligne de faîte, tandis que dans l'Oural méridional elle est faiblement rejetée à l'est de celle-ci. Nous allons maintenant examiner avec plus de détails les différentes formes du terrain sur notre région.

Fig. 1. — Troïtsk et la montagne de Troïtsk, vue prise depuis la Koswa.
Aspect des montagnes situées sur la rive droite de la Koswa.

Fig. 2. — La montagne d'Osamka, prise depuis la berge de la Koswa.

§ 3. *Les chaînes occidentales entre la Kama et la Koswa.*

Généralement leur direction est nord-sud, ou nord-est sud-ouest, abstraction faite de quelques orientations locales. Depuis les rives de la Kama où les couches sont encore horizontales, jusqu'à celles de la Koswa, entre Troïtsk et Verkh-Koswa, les chaînes extérieures forment une série d'ondulations répétées, absolument analogues à celles que l'on trouve dans la région correspondante de l'Oural du sud. L'altitude en est peu considérable, elle dépasse rarement six cents mètres, et reste souvent fort au-dessous de cette limite, le pays vu à vol d'oiseau paraitrait simplement vallonné, et ne produirait nullement l'impression d'une région montagneuse au sens du mot. Nulle part on ne rencontre de sommet ni même de crête rocheuse un peu continue, les formes topographiques sont molles et atténuées, les pentes faibles, et les profils de ces différentes rides sont peu accidentés.

L'aspect de la contrée rappelle singulièrement celui des régions soumises depuis longtemps à l'érosion, qui évoluent vers les pénéplaines. Les sillons compris entre ces différentes rides sont généralement marécageux et occupés par des petits cours d'eau tributaires de la Koswa ; toute la contrée d'ailleurs est couverte d'épaisses forêts, et le paysage reste d'une monotonie sans égale, comme on peut s'en convaincre dans le trajet de Troïtsk à Kizel pendant lequel on recoupe plusieurs de ces ondulations successives.

Dans le voisinage de la Koswa, les crêtes toujours boisées deviennent plus élevées, sans toutefois atteindre la limite de végétation ; elles forment les montagnes de Troïtsk, d'Osamka, de Boyarskaya, etc., sur les deux rives de la Koswa. De là, jusqu'à la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, les caractères généraux de la topographie changent par le fait de la présence de deux chaînes plus élevées que les crêtes dont il vient d'être question, et dont les dômes rocheux qui en forment les principaux sommets s'élèvent fort au-dessus de la limite de végétation. La première de ces chaînes, qui confine à la Koswa, est celle de l'Aslianka-Dikar-Ostry, la seconde, qui coïncide en partie avec la ligne de partage, est celle du Koswinsky-Katechersky-Tilaï.

§ 4. *La chaîne de l'Aslianka-Dikar-Ostry.*

Elle se distingue de loin déjà par son altitude comme aussi par sa remarquable continuité. Vue d'un point élevé, du Koswinsky par exemple, ou encore de la crête de Stschutschi, elle forme une barre rocheuse très étendue qui, sur une grande lon-

gueur, court parallèlement à la Koswa, notamment entre Troïtsk et Verkh-Koswa. Cette rivière, en amont de la dernière localité, coupe transversalement la dite chaîne, et durant plusieurs kilomètres, coule dans une large cluse. De cette chaîne, on voit se détacher une série de sommets dont les formes topographiques rappellent beaucoup celles qu'on observe dans les chaînes de quartzites de l'Oural du Sud (Taganaï Iremel, etc.)

Ce sont, soit des espèces de croupes rocheuses à large base, à pentes faibles, à sommets chauves et arrondis, formés généralement par l'entassement cahotique de blocs désagrégés sur place, soit encore des pyramides à sommet tronqué, dont les flancs et la surface sont couverts d'éboulis, mais qui, ci et là, présentent quelques belles dalles rocheuses. Nulle part on ne rencontre cependant de sommet élancé comparable à ceux des Alpes. Le point culminant de la chaîne est le « Grand Aslianka ; » situé à peu près vis-à-vis de Troïtsk sur la rive gauche de la Koswa; les autres sommets qui se succèdent du sud au nord sont : le Rastessky-Kamen, le Dikar, l'Ostry et le Tscherdynsky-Kamen qui vient à l'extrémité septentrionale de la chaîne, et qui s'élève comme une croupe pelée et aride au-dessus des crêtes boisées du voisinage.

Au delà du Tcherdinsky-Kamen, la chaîne cesse vers le nord; vers le sud, par contre, elle se continue fort au delà du grand Aslianka. Elle marque pour ainsi dire une séparation complète entre les chaînes extérieures et celles que nous appellerons internes, qui de là se succèdent vers l'est jusqu'à la ligne de partage.

§ 5. *La chaîne du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï.*

Celle-ci est distante de quinze à vingt kilomètres environ de la précédente ; son aspect est bien différent quand on la regarde depuis l'ouest. Elle ne présente pas en effet le caractère de continuité de la chaîne de l'Aslianka, mais paraît formée par trois individualités distinctes, alignées sur un même axe et qui se succèdent du sud au nord. Le Koswinsky-Kamen, le plus méridional des trois massifs, s'élève comme une véritable coupole au-dessus d'une région considérablement plus basse qui l'environne et qui, comme telle, s'étend fort loin vers le sud. Il en résulte que la montagne produit de ce côté l'impression d'un môle complètement isolé, tandis que vers le nord elle se continue par l'intermédiaire du Katéchersky, dans la chaîne du Tilaï. Le Katéchersky, en effet, n'est qu'une crête moins élevée, orientée à peu près est-ouest, dont le point culminant, vu depuis ce côté, paraît former un petit « ballon, » isolé entre les deux autres massifs plus considérables.

Fig. 3. — Vue générale des chaînes situées entre le Koswinsky et l'Aslianka-Dikar Ostry, prise du Koswinsky.

Fig. 4. — La crête du Stschutschi, prise à une faible distance au sud du point culminant.

Le massif du Tilaï constitue une chaîne beaucoup plus étendue que le Koswinsky. Vue depuis l'ouest elle paraît très simple, et formée par une série de coupoles rocheuses alignées sur un axe dirigé à peu près NNE-SSO; l'aspect est donc assez différent de celui que présente le Koswinsky vu du même point, et cependant les deux montagnes gardent un air de famille. En effet, les parties rocheuses vues de loin, offrent la même coloration rougeâtre et la même disposition générale; avec une bonne jumelle on peut observer que partout le sol y est jonché de blocs parfois énormes, ce qui, joint à la forme spéciale de ces montagnes, ferait penser que l'on a devant soi une série d'anciens cônes démantelés. Cette impression est surtout produite par les deux sommets qui terminent la chaîne vers le sud et qui, à leur base, sont ravinés par les sources de Garewaïa; on penserait avoir devant soi deux cônes jumeaux. En réalité le Koswinsky, de même que le Tilaï, n'ont rien de volcanique, et ce n'est là qu'une simple analogie. Le Tilaï, d'ailleurs, est une chaîne plus complexe que ne le fait penser la vue de l'aspect de son flanc occidental, elle est en réalité bifurquée, et du flanc oriental de la branche située la plus à l'est, se détachent de nombreuses arêtes latérales.

La ligne de partage des eaux asiatiques et européennes ne coïncide que partiellement avec la crête de ces différentes montagnes; elle affecte une forme assez irrégulière et caractéristique. Au sud du Koswinsky, elle coïncide avec la région étendue et de faible élévation, où s'amorcent les sources de la rivière Kyria et de la Grande Koswa; elle se continue de là par une barre assez plate qui sépare les bassins de la Petite Koswa de celui de la rivière Kitlim, puis elle monte sur le flanc est du Koswinsky, et coïncide pendant un certain temps avec la crête de la montagne, pour s'abaisser ensuite au col qui sépare l'extrémité occidentale du Katéchersky du flanc nord du Koswinsky. De là elle passe un peu à l'ouest du sommet principal de ce dernier, descend sur le col qui sépare le Katéchersky du Tilaï, et remonte ensuite sur la crête de cette montagne qu'elle suit pendant un certain temps, puis subitement elle s'abaisse et se prolonge en une barre boisée très plate, qui se détache à mi-distance du flanc occidental de la chaîne. On voit donc que la ligne de partage est sinueuse, et que son altitude peut varier de 1400 à 400 ou 500 mètres.

§ 6. *La région comprise entre l'Aslianka et le Koswinsky.*

Entre les deux grandes chaînes que nous venons de décrire, le sol est formé par une série d'ondulations beaucoup moins accusées, représentées soit par les contreforts du Koswinsky, soit par des rides indépendantes. Le seul accident topographi-

que marqué est indiqué par une chaîne dirigée à peu près Nord-Sud, qui sépare sur sa totalité le cours de la rivière Tilaï de celui de la rivière Tépil. Cette chaîne, très continue est assez élevée, sa hauteur maxima ne dépasse cependant pas 900 à 1000 mètres; nous l'appellerons la crête du Stschutschi. Les profils successifs de celle-ci sont du nord au sud d'une grande uniformité, et montrent une sorte de croupe dont la largeur à la base mesure de huit à dix kilomètres, dont les pentes sont très douces et légèrement vallonnées, et qui se termine par une arête rocheuse faisant falaise vers l'ouest, tandis que du côté de l'est la pente est assez rapide.

Vers le sud, déjà à partir du confluent de Tépil, l'individualité de cette crête disparaît, elle vient en effet se souder au flanc occidental de la chaîne de l'Aslianka.

La crête du Stschutschi délimite deux grandes vallées; la première, à l'ouest, est celle occupée par la rivière Tépil, encaissée entre le flanc occidental de la crête du Stschutschi et le flanc oriental de la chaîne de l'Aslianka, ainsi que de celles qui, plus au nord, sont la continuation des rides formant la rive gauche de la Koswa. La seconde, à l'est, est comprise entre le flanc oriental du Stschutschi et le flanc occidental du Tilaï-Katéchersky, c'est une large dépression dans laquelle coule non seulement la rivière Tilaï, mais encore ses divers affluents.

§ 7. *Les montagnes situées à l'est de la ligne de partage.*

A l'est de la chaîne du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï, en vient une seconde, très continue, très étendue aussi, dont l'aspect rappelle absolument celui du Tilaï; nous l'appellerons chaîne du Kalpak-Soukogorsky. Une quinzaine de kilomètres environ la séparent de la précédente, la région comprise entre les deux chaînes forme une grande dépression boisée dans laquelle le sol présente quelques petites ondulations sous forme de crêtes de faible élévation, comme le Kitlimsky-Ouwal par exemple. A l'est de la chaîne du Kalpak-Soukogorsky que nous appellerons la chaîne limite, le terrain ondule encore quelque peu, puis vient alors la plaine boisée couverte de petits lacs, qui s'étend vers la direction de Bogoslowsk.

§ 8. *Répartition des zones occupées par les principales formations.*

L'explication des particularités de la topographie indiquée, se retrouve dans la connaissance de la géologie de la contrée, et sans entrer pour le moment dans le dé-

tail, nous esquisserons sommairement la répartition des principales formations géologiques distribuées dans la région parcourue.

Depuis la Koswa, entre Troïtsk et Verkh-Koswa par exemple, en cheminant de l'ouest vers l'est on croise successivement les zones suivantes :

1. Première zone de dévonien inférieur.

Elle est développée sur les deux rives de la Koswa, mais surtout à l'ouest de la rive droite de la rivière ; sa largeur dépasse une vingtaine de kilomètres. On y rencontre des conglomérats quartzeux à petits éléments, des quartzites, des schistes argileux, puis en de nombreux endroits des pénétrations de roches éruptives basiques appartenant au groupe des gabbros, ou encore de roches acides représentées par des granit-porphyres. Ces deux types de roches métamorphosent les schistes encaissants.

2. Zone des quartzites et conglomérats recristallisés.

Elle est formée par une large bande de roches quartzeuses détritiques, en partie recristallisées, comprenant des conglomérats à cailloux de quartz et des quartzites plus ou moins micacés, passant fréquemment aux schistes cristallins métamorphiques. Cette bande s'amincit vers le nord, et se termine à 20 kilom. environ du confluent du Tépil, c'est elle qui forme la longue chaîne de l'Aslianka-Dikar-Ostry ; les quartzites y sont d'âge indéterminé, en tout cas plus ancien que le dévonien inférieur.

3. Deuxième zone de dévonien inférieur, avec dévonien moyen.

Nous l'appellerons zone de Tépil, le cours de cette rivière étant entièrement encaissé dans cette formation. Elle est représentée par une bande de dévonien moyen, flanqué de dévonien inférieur, qui, vers le nord, se termine aux sources même de Tépil en s'unissant à la première zone dévonienne indiquée ; la crête du Stschutschi appartient à cette zone.

4. Zone des schistes cristallins métamorphiques.

Elle suit la précédente vers l'est, les schistes cristallins qui la constituent sont nettement d'origine détritique ; leur âge est également indéterminé par rapport au dévonien inférieur ; ils sont peut-être plus jeunes que les quartzites recristallisés, ou encore appartiennent à la même formation.

5. Zone des massifs éruptifs basiques.

Elle est représentée par une série de grosses boutonnières de roches éruptives

basiques de profondeur, accompagnées d'ailleurs de roches d'épanchement, et comprend les massifs du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï ainsi que la grande chaine de Kalpak-Soukogorsky. Cette zone est donc intrusive dans la précédente.

CHAPITRE II

Hydrographie.

§ 1. La Koswa depuis sa source jusqu'au confluent de Tépil. — § 2. La rivière Tilaï. — § 3. La rivière Kyria. — § 4. La rivière Tépil. — § 5. Les rapides de Touloum. — § 6. La Koswa entre Verkh-Koswa et Troïtsk.

§ 1. *La Koswa depuis sa source jusqu'au confluent de Tépil.*

La Koswa représente la grande artère du réseau hydrographique de la région; elle collecte les eaux d'un bassin dont la superficie est considérable; la longueur totale de son cours atteint 320 kilomètres environ. De même que la plupart de ses congénères les grands cours d'eau de l'Oural, elle prend sa source sur la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes, dans une région tourbeuse et marécageuse située au cœur même des forêts. La ligne de partage forme en cet endroit une barre très large et très plate, qui, autant qu'il nous a été permis d'en juger d'après les cotes barométriques relevées, incertaines d'ailleurs vu le temps, ne doit pas dépasser 500 mètres. La Koswa n'est à l'origine qu'un simple ruisselet au cours lent et sinueux, qui d'ailleurs augmente assez rapidement de volume par l'apport d'affluents latéraux lesquels, jusqu'au confluent de Tilaï, se trouvent principalement sur la rive droite et proviennent du Koswinsky et de ses contreforts. Ces divers affluents parmi lesquels il faut compter la petite Koswa, sont peu considérables, leur largeur ne dépasse guère une dizaine de mètres, leur profondeur atteint rarement plus de 0,50 m. à 0,60 m., quant à la longueur de leur cours, elle peut varier de 4 à 15

kilomètres. Les eaux de ces premiers affluents comme aussi celles de la Koswa sont noirâtres, colorées par des matières ulmiques, ce qui est généralement le cas pour les rivières de l'Oural. Depuis sa source jusqu'au confluent de Tépil, le cours de la Koswa bien que subissant plusieurs changements de direction est orienté en moyenne SE-NO; il traverse la zone des schistes cristallins métamorphiques et celle du dévonien de Tépil. Dans cette première partie de son cours, la Koswa est tantôt encaissée entre des berges assez élevées, formées par la roche en place dont on observe de nombreux affleurements sur les deux rives (comme par exemple à l'embouchure de la petite Koswa, de Tzenkowka, de Kroutaïa, etc.); tantôt le lit est creusé dans d'anciennes alluvions qui en forment les rives immédiates. Celles-ci remplissent toujours un thalweg beaucoup plus large, comme on peut l'observer déjà à une faible distance des sources sur l'emplacement des anciens placers de la Koswa.

§ 2. *La rivière Tilaï.*

La rivière Tilaï forme le premier gros tributaire de la Koswa. Elle coule en moyenne du NNE vers le SSO et se réunit à celle-ci quelques verstes en aval du confluent de la rivière Kroutaïa. A son embouchure, la Tilaï est presque aussi importante que la Koswa et mesure certainement plus de trente mètres de largeur; la profondeur cependant est faible et généralement inférieure à un mètre aux eaux d'été du moins. La rivière Tilaï s'amorce également dans la zone des schistes cristallins, probablement sur la ligne de partage; son cours total mesure 40 kilomètres environ. Elle reçoit de nombreux affluents qui proviennent soit des massifs du Tilaï-Katéchersky, soit du flanc est de la crête du Stschutschi. Les principaux affluents que l'on croise de l'aval vers l'amont sont: Amoutachnaïa, Balchaïa, Priboïnaïa et Detkowa sur la rive droite, puis les deux Sosnowka, Logwinska, Garewaïa et Jewskaïa sur la rive gauche. Le cours de la rivière Tilaï ressemble beaucoup comme aspect à celui de la Koswa, les affluents présentent les mêmes caractères, à plusieurs reprises elle se bifurque et donne naissance à de petites îles. Les berges sont ou bien rocheuses, comme c'est le cas à l'embouchure de la petite Sosnowka, ou encore en amont du confluent de Logwinska sur la rive droite, etc., ou bien plates et formées par d'anciennes alluvions. Il faut noter qu'à partir du confluent de Logwinska jusqu'en amont de celui de Garéwaïa, le lit généralement si peu accidenté de la rivière est encombré de gros blocs paraissant formés par une roche en place; cette particularité ne se retrouve plus en amont.

§ 3. *La rivière Kyria.*

Elle forme le second gros tributaire de la Koswa, et prend sa source à une faible distance de celle de ladite rivière et dans la même région, légèrement plus au sud. Tout ce qui a été dit relativement au cours supérieur de la Koswa peut se répéter pour la rivière Kyria. La rivière coule d'abord en moyenne du SE vers le NO, puis coude assez brusquement, et coule presque du sud au nord ou mieux SSE-NNO, elle traverse tout d'abord la zone des schistes cristallins, puis suit un peu obliquement la direction de la seconde zone dévonienne. Vis-à-vis de Rastess la rivière est assez large, la pente n'est guère supérieure à celle de la Koswa; entre Rastess et Kyria en effet, la différence de niveau n'est que de 80 mètres à peu près pour une longueur de cours égale à 22 kilomètres environ. Les affluents de Kyria proviennent surtout du flanc est de la chaîne de l'Aslianka-Dikar-Ostry; ce sont de l'aval vers l'amont, les rivières Sukaïa-Kyria, Oslianka, Kamenka, Senkina et Polkas sur la rive gauche, puis Amoutachnaïa et Gologuska sur la rive droite.

Entre le confluent de Tilaï et de Kyria, la Koswa coule sensiblement de l'est à l'ouest, de là jusqu'à l'embouchure de Tépil, elle coule du SE vers le NO.

§ 4. *La rivière Tépil.*

Celle-ci représente le plus important des affluents de la Koswa ; elle coule tout d'abord presque du sud au nord, puis du NE vers le SO ; la longueur totale de son cours atteint au moins 59 kilomètres.

La rivière Tépil naît de l'union de deux cours d'eau distincts, le premier, appelé Soukhoï Tépil, coule du NO vers le SE, l'autre, appelé Pogwa, a l'orientation moyenne NE-SO ; ces deux premières sources sont séparées par une arête appelée Kozmer. En aval de la jonction des deux sources, la rivière coule tantôt entre des berges plates et marécageuses formées par d'anciennes alluvions, tantôt entre des berges rocheuses, assez rares d'ailleurs. Les anciennes alluvions sont en effet très développées sur toute l'étendue du cours du Tépil, mais principalement près de son embouchure. A cet endroit la rivière est très large et paraît même plus importante que la Koswa qui en aval du confluent change immédiatement de caractère. Les îles sont nombreuses sur Tépil et la rivière se bifurque à maintes reprises; elle reçoit également un grand nombre d'affluents latéraux qui, sur la rive gauche, pro-

viennent de la crête du Stschutschi, et sur la droite, dans la partie supérieure de son cours, des crêtes de la zône du dévonien inférieur de la Koswa, puis plus bas, du flanc est de l'extrémité septentrionale de la chaîne du Dikar-Ostry.

§ 5. *Les rapides de Touloum.*

C'est un peu en aval du confluent de la rivière Tépil que commencent les rapides de Touloum. La Koswa entaille tout d'abord perpendiculairement la chaîne de l'Aslianka entre le Dikar et l'Ostry, puis coule ensuite vers le sud-ouest jusqu'à Verkh-Koswa. La grande cluse ainsi formée mesure 17 kilomètres environ, de sa naissance à son extrémité. Sur la rive gauche, la Koswa est encaissée par de hautes parois rocheuses couvertes de sapins, elles sont formées par les quartzites et les conglomérats cristallins; sur la rive droite, cette même falaise se retrouve à une distance assez considérable du cours actuel de la rivière. Les rapides sont formés par de gros blocs de quartzites et de conglomérats qui encombrent le lit de la Koswa en cet endroit; de l'amont vers l'aval, on compte quatre séries successives de ces rapides. Les eaux d'habitude si tranquilles de la rivière mugissent et écument en se brisant contre ces quartiers de rocher et la brusque augmentation de la pente accusée dès l'origine de la cluse accélère la rapidité du courant. Aux rapides même, la profondeur du lit est en moyenne plus considérable qu'en aval ou qu'en amont, l'aspect de ces rapides varie d'ailleurs considérablement suivant l'état des eaux. Après la quatrième ligne, la Koswa sans cesser d'avoir un cours accéléré, est cependant moins torrentueuse, et déjà en amont de Verkh-Koswa, la rivière reprend son caractère habituel, son lit s'est toutefois considérablement élargi sans que sa profondeur devienne plus grande que d'habitude.

§ 6. *La Koswa entre Verkh-Koswa et Troïtsk.*

De Verkh-Koswa à Troïtsk, la Koswa a une direction moyenne NNE-SSO, elle décrit cependant quelques méandres importants parmi lesquels il faut citer tout particulièrement celui de la rivière entre les affluents appelés Touloumka et Siennaïa.

Les rives de la Koswa sont souvent dominées par des pentes assez rapides, toujours couvertes de forêts, pentes qui forment le soubassement des ondulations développées sur les deux rives de la Koswa, comme c'est le cas par exemple à la

montagne de Troïtsk et d'Osamka sur la rive droite, et la montagne appelée Boyarskïa sur la rive gauche. Par places cependant, la rivière coule sur ses anciennes alluvions qu'elle ravine, les berges sont alors plates et marécageuses. Les îles que l'on rencontre sur cette portion du cours de la Koswa sont nombreuses, il en est de même des affluents latéraux qui sont disposés en majorité sur la rive gauche, et proviennent principalement de la chaine de l'Aslianka. Ces rivières sont plus nombreuses que la carte ne les figure, les principales que l'on rencontre de l'amont vers l'aval à partir de Verkh-Koswa sont, sur la rive gauche : Touloumka, Malinka et Balchaïa Boyarskaya, Chépoutchaïa, Malinka Oslianka, Storojevka, Balchaïa Oslianka, Vogoulka, Osamka, Lotowaïa et Soukaïa ; sur la rive droite, Pachkowka, Siennaïa, Béresowka, Antonowka, Trichiannaïa, Ariekowka et Rassolnaïa ; en général les affluents de la rive gauche sont plus importants que ceux de la rive droite. En aval de Verkh-Koswa, non loin de l'endroit appelé Pagarielka où la forêt a été brûlée, l'on voit apparaitre dans le lit de la Koswa quelques gros blocs de roches éruptives, qui forment en quelque sorte un petit touloum. Ce sont là les restes de l'un de ces pointements éruptifs si nombreux dans le dévonien des bords de la Koswa, c'est également à un pointement analogue que sont dus les grands pierriers que l'on voit à flanc de coteau sur les pentes assez escarpées qui dominent la Koswa entre Siennaïa et Bérésowka. Toute cette partie du cours de la Koswa est assez monotone, la rivière étant souvent encaissée entre des berges élevées qui masquent complètement l'horizon. La profondeur du lit reste toujours peu considérable, par contre la largeur augmente beaucoup ; à Troïtsk, elle atteint et dépasse certainement 120 mètres. La vitesse superficielle de l'eau varie naturellement selon les régions, mais elle n'est en moyenne pas très grande à l'époque des basses eaux ; quant au débit de la rivière à Troïtsk même, il varie également considérablement selon les époques, nous ne savons pas d'ailleurs qu'un jaugeage sérieux ait été fait en cet endroit.

De même que les autres rivières de l'Oural, la Koswa a un régime qui ne subit pas de grandes variations ; la période des hautes eaux coïncide avec celle de la fonte des neiges, le niveau du fleuve dépasse alors de plus d'un mètre celui de l'étiage, mais cet état de choses ne dure que quelques jours, et c'est là même un des gros obstacles à la navigation fluviale. En temps normal en effet, aux basses eaux d'été ou d'automne, la navigation sur la Koswa est impossible, seules de légères pirogues peuvent en remonter le cours et souvent encore le voyage est-il accidenté ; aux hautes eaux par contre, de grosses et lourdes barques peuvent flotter sur la Koswa de Troïtsk jusqu'à la Kama, mais la rapidité avec laquelle le niveau des eaux s'abaisse, a souvent comme conséquence de faire échouer ces barques qui ne peuvent reprendre l'eau

Fig. 5. — Rives de la Koswa entre Troitsk et Verkh-Koswa.

Fig. 6. — Rives de la Koswa entre Troitsk et Verkh-Koswa.

Fig. 7. — La rivière Ashanka. Type d'un affluent latéral de la Koswa.

Fig. 8. — Le village de Verkh-Koswa, pris d'un point situé en aval. Dans le fond on remarque l'Ostry, un des derniers sommets de l'extrémité nord de la chaîne de l'Aslianka

dans les mêmes conditions que l'année suivante. La période des eaux les plus basses coïncide en général avec la fin de l'été ou le commencement de l'automne, quelques jours de pluie continue se font à peine sentir sur le régime de la Koswa, ce qui provient évidemment du grand développement de la végétation sur la surface du sol qui forme le bassin de cette rivière.

CHAPITRE III

Conditions géographiques de la contrée.

§ 1. Notions générales sur le climat. — § 2. Végétation, flore, faune, etc. — § 3. Population, habitation, coutumes.

§ 1. *Notions générales sur le climat.*

Il est bien difficile de préciser les conditions climatologiques d'une région parcourue seulement pendant trois mois d'été, mais grâce à l'obligeance du directeur de la laverie de platine de Sosnowka qui a bien voulu prendre pendant l'année 1900-1901 quelques observations thermométriques, nous avons pu compléter les lacunes de nos propres déterminations. La température estivale dans la région étudiée est assez élevée, mais varie souvent très rapidement d'un jour à l'autre. Pendant le mois de juillet, à une altitude variant de 300 à 700 mètres, le thermomètre indique souvent une température diurne de 24 à 27° ; lorsque le temps est clair, ce qui est rare, il y a toujours un écart assez considérable entre le maximum du jour et le minimum de la nuit comme le montrent les quelques observations suivantes, faites à l'altitude de 800 mètres environ sur le Koswinsky-Kamen.

Jour.	Altitude.	Minimum de la nuit.	Max. du jour.
5 Août	800 m. environ	+ 10° C.	+ 23° C.
6 »	»	+ 10° »	+ 24° »
7 »	»	+ 14° »	+ 28° ½ C.
8 »	»	+ 12° »	+ 28° ½ »
9 »	»	+ 14° ½ C.	+ 27° C.
10		+ 12° ½ »	—

Sur les hauteurs, c'est-à-dire entre 1300 et 1500 mètres, il peut régner momentanément au gros de l'été, une température très basse; ainsi en 1901 pendant les premiers jours du mois d'août, il tomba beaucoup de neige sur la montagne de Tilaï, et au cours des nombreuses ascensions faites sur les divers sommets de celle-ci, on rencontrait de la neige déjà à partir de l'altitude 1300 mètres, au sommet principal, la température était assez basse pour que l'eau se congelât rapidement, cette neige d'ailleurs ne dura pas et se dissipa les jours suivants. Aux altitudes plus basses, déjà vers la fin du mois d'août la température s'abaisse sensiblement et peut pendant la nuit descendre au-dessous de zéro, tandis que le jour elle est à + 10 ou 11 par exemple, comme le montre le tableau suivant :

Jour.	Altitude.	Min. de la nuit.	Max. du jour.
1 Septembre	400 m. environ	— 5° C.	+ 11° C.
2 »	»	— 7° »	(manque)
3 »	»	— 4° ½ C.	»
4		— 1° C.	

Vers le milieu de septembre, le thermomètre reste quelquefois à — 1 ou + 2 pendant toute la journée; ainsi du 19 au 23 septembre 1900, à Sosnowka, la température diurne oscilla entre — 1 et + 3. En automne, l'abaissement de la température se fait sentir très rapidement pour une faible augmentation de l'altitude; ainsi lors de notre première excursion au Tilaï, entre le 12 et le 15 septembre, à l'altitude de 700 mètres déjà il tomba beaucoup de neige qui persista tandis que celle tombée à 400 m. disparut rapidement. Au sommet même du Tilaï il régnait le jour de notre ascension un froid si vif qu'il nous fut impossible d'y stationner un instant, et que les hommes qui nous accompagnaient refusèrent à mi-chemin de continuer l'ascension. Il doit y avoir d'ailleurs des variations assez grandes d'une année à l'autre dans la température moyenne du même mois; ainsi en 1901, pendant le mois de septembre, la température du jour fut en moyenne sensiblement plus élevée que celle observée en 1900 pour l'époque correspondante.

A partir du mois de septembre, la température décroit très rapidement et le gel survient. Toute la contrée se couvre bientôt d'un épais manteau de neige, et au gros de l'hiver le froid devient très considérable. Des températures relevées à la laverie de platine de Sosnowka en janvier et en février, ont atteint le chiffre de −40°. L'hiver est long et très rude, des bourrasques de neige y alternent avec des périodes d'accalmie où le ciel se dépouille et le soleil brille. La fonte des neiges commence généralement au milieu d'avril ou les premiers jours de mai, les rivières s'enflent alors démesurément, et la Koswa roule un volume d'eau considérable. Les neiges fondent assez rapidement, même sur les hauteurs, ainsi au commencement de juillet, sur les points culminants de la contrée (Koswinsky-Kamen, Tilaïsky-Kamen, etc.) on ne trouve généralement plus de vieille neige, il est même probable que le départ complet de celle-ci se fait avant cette époque.

Pendant l'été, le climat est toujours excessivement humide, bien que cependant on observe des variations notables d'une année à l'autre. En 1900, lors de notre première campagne, il pleuvait en moyenne deux jours sur trois, il est vrai que les chutes de pluie n'étaient jamais très abondantes, mais par contre fort continues. En 1901, l'été fut relativement plus sec, du moins pendant les mois de juillet et d'août. Cette régularité dans les précipitations atmosphériques, jointe à l'état particulier du sol presque partout couvert d'une épaisse végétation, explique pourquoi les rivières n'ont pas des crues spontanées et très sensibles ; ainsi nous avons vu la Koswa en 1900 après une longue série de jours de pluie occuper un niveau qui n'était pas sensiblement plus élevé que celui que nous avons observé en 1901 à pareille époque, après une période relativement sèche ; la différence n'était appréciable que par une difficulté plus grande dans la navigation en pirogue.

§ 2. *Végétation, flore, faune, etc.*

Comme nous l'avons déjà dit, la contrée est tout entière couverte de forêts jusqu'à une altitude qui varie évidemment selon les versants, mais qui oscille entre 700 et 800 mètres environ. Le nombre des points qui dépassent cette altitude étant en somme restreint, il en résulte que toute la contrée n'est qu'une vaste forêt. En dehors des zones qui s'élèvent au-dessus de la ligne de la végétation forestière, les seuls points où les arbres font défaut, sont certaines parties très marécageuses situées dans la forêt, où les berges plates des cours d'eau ; dans ce dernier cas, l'absence de forêts est dûe à la main de l'homme, qui les a coupées pour créer une aire artificielle de maigres pâturages. La limite de la végétation arborescente est tou-

jours très nette, et comme tirée au cordeau; il n'existe, entre la forêt et le sol nu, aucune zone transitoire occupée par des espèces rabougries. Au-dessus de la limite des forêts, le sol est selon les cas ou bien recouvert d'une herbe drue très précieuse pour la nourriture du bétail (comme au Rastessky-Kamen par exemple), ou bien par une épaisse végétation de lichens faisant en quelque sorte un tapis feutré, ou encore il est formé par le roc nu.

Les forêts sont constituées par des essences assez variées, souvent cantonnées sur certains points. On y reconnait en abondance des pins, des sapins, des arolles, ces derniers sont d'ailleurs plus rares, certains d'entr'eux sont de dimensions colossales. Le bouleau est assez fréquent, mais il ne se rencontre que sur les bords des rivières, ou dans certaines petites clairières au cœur de la forêt. Parfois cependant, on trouve certaines régions (notamment sur la rivière Tépil), où le bouleau paraît être d'une abondance exceptionnelle, et l'emporte de beaucoup sur les autres essences. Ces régions sont toujours des portions plus ou moins vastes de la forêt de conifères, détruites par un de ces incendies si fréquents dans cette région. Le bouleau prend alors immédiatement possession du sol rasé par le feu, il prospère jusqu'au moment où les conifères, plus tardifs, se développent à leur tour pour le faire disparaître. Partout où il y a lutte entre les deux essences, elle se fait au profit des conifères, sauf toutefois dans les terrains marécageux. Dans la Rastesskaya-Datcha, les forêts sont encore vierges et n'ont jamais été exploitées pour les besoins de la métallurgie; aussi y rencontre-t-on des arbres souvent énormes. La densité de la végétation arborescente est si grande, et le nombre des arbres déracinés et abattus par les ouragans si considérable, que la marche à travers la forêt est rendue très difficile. Le sol en est souvent tourbeux et marécageux, couvert aussi d'un épais tapis de mousses et de lichens. Ces derniers offrent dans la contrée une grande variété, ils sont la plaie des forêts qu'ils détruisent parfois sur une grande étendue. N'étant point botanistes, il ne nous a pas été permis d'examiner la flore de la contrée, mais autant que nous en pouvons juger, elle nous a paru assez monotone et plus ou moins analogue à la flore alpine.

Pendant l'été, la Koswa et ses affluents se couvrent d'une véritable forêt de plantes aquatiques aux tiges rudes et coriaces, dont les larges feuilles s'élèvent à quelques centimètres au-dessus de l'eau qu'elles cachent souvent complètement; les plantes microscopiques, algues, diatomées, etc., sont également nombreuses, à en juger par quelques pêches que nous avons faites sur la Koswa ou sur la rivière Tilaï.

La faune est aussi très abondante; les forêts regorgent de gélinottes et de coqs de bruyère dont on lève des vols entiers; la bécasse se trouve également dans les

Fig. 9. — Le village de Verkh-Koswa, avec les «isbas» caractéristiques pour les villages de la contrée.

Fig. 10. — Le village de Rastess. Dans le fond, sur la droite, apparaît le Koswinsky sur la gauche les deux sommets jumeaux du Tilai.

Fig. 11. — Le village de Sosnowka

Fig. 12. — Le village de Kyria, vue prise du chemin qui conduit aux anciens placers.

endroits marécageux. La perdrix des neiges vit par bandes nombreuses sur les montagnes dont l'altitude dépasse celle de la limite de la végétation, et c'est par centaines qu'on les voit s'ébattre sur la neige, elles se laissent approcher à la distance de quelques mètres ; la grive et la bécassine ne sont point rares non plus, nous les avons rencontrées principalement sur le côté asiatique de la ligne de partage des eaux. Les rapaces diurnes et nocturnes pullulent, et les espèces en sont variées, on trouve également plusieurs variétés de corneilles qui sont en certains endroits extraordinairement nombreuses. Le gros gibier est représenté d'abord par l'ours brun, que l'on trouve partout, aussi bien dans les régions relativement basses que sur les montagnes élevées. Il n'est en général pas chassé par les habitants du pays, faute de chiens dressés pour cela. Le cerf, et surtout l'élan, représentent le gibier le plus important. On les voit cependant rarement en été, et à cette époque leur chasse n'est guère avantageuse. On trouve aussi en abondance le renard, le lièvre, puis une espèce de chat sauvage.

Les rivières sont très poissonneuses, mais les espèces qu'on y rencontre n'y sont point variées. C'est presque toujours l'ombre-chevalier que l'on trouve partout, dans la rivière Tépil cependant le brochet est fréquemment pêché.

§ 3. *Population, habitation, coutumes.*

La population est très clairsemée, ce qui se comprend fort bien si l'on tient compte des difficultés de l'existence matérielle dans le pays. Les seuls centres habités sont les villages de Troïtsk, Verkh-Koswa, Kyria, Rastess et Sosnowka, la population d'ailleurs est représentée par deux éléments fort différents. Troïstk et Sosnowka, nés de la présence et de l'exploitation de richesses minérales, possèdent une population mixte, formée en partie par des autochtones venus des autres localités, en partie par des ouvriers, venus de points très différents de la Russie et de la Sibérie ; ces derniers rentrent dans leur pays au commencement de l'hiver ou bien restent pendant plusieurs années consécutives. Parmi cette population importée, on trouve nécessairement des types fort différents, depuis des Russes des divers gouvernements limitrophes de Perm, jusqu'à des Tartares et des Baskirs.

La population autochtone, celle des villages de Verkh-Koswa, Rastess et Kyria, est fort différente ; bien que russe d'origine, elle représente incontestablement le produit d'un mélange avec les anciennes populations aborigènes, notamment les Vogoules, qui ont été refoulés vers le nord, et ont complétement disparu dans la contrée. Le caractère de ces anciennes populations est encore fortement

empreint sur certains types : à ce point de vue le village de Kyria est très caractéristique, et la physionomie des habitants frappe au premier coup d'œil par son caractère franchement asiatique.

Les habitations que l'on trouve dans ces différents villages sont, en dehors des bâtiments de l'administration construits à Troïstk ou à Sosnowka, d'un type absolument uniforme : elles sont faites en troncs de sapins, soigneusement équarris et ajustés. Chaque maison n'a qu'un seul étage élevé à quelques pieds au-dessus du sol, elle est divisée en deux parties symétriques par rapport à un couloir central très court servant d'entrée, ces deux parties forment en quelque sorte deux appartements distincts, composés chacun de deux chambres, séparées par une mince cloison. Un grand four qui sert à cuire le pain et les aliments, chauffe simultanément ces deux pièces dont la plus petite sert généralement de cuisine. Ces « isbas » sont en somme bien plus confortables que bon nombre de chalets alpins, chaque maison possède un immense hangar attenant, généralement clos de toutes parts, qui sert à la fois d'écurie, de réduit pour le fourrage, et d'entrepôt pour les instruments, (chars, traîneaux, etc.) Ces isbas sont parfaitement adaptées au climat si rude du pays, et abstraction faite de la vermine, qui les peuple souvent en abondance, ce sont d'excellentes habitations.

La vie que mènent les populations sédentaires perdues dans l'immense forêt qui couvre le pays, est loin d'être facile. La contrée, par la rudesse de son climat, est absolument impropre à la culture, et le rare bétail, chevaux, vaches, moutons, etc., que l'on trouve dans les villages, est souvent fort difficile à nourrir pendant l'hiver. Nulle part en effet il n'existe de prairies : sur les rives de la Koswa ou de ses affluents, une mince bande de terrain qui longe la forêt, est couverte d'une herbe rare et mauvaise, que l'on fauche sur des kilomètres et sèche tant bien que mal quand le temps le permet. Cette herbe est mise en tas que l'on protège par des barrières, et constitue ainsi l'approvisionnement d'hiver ; il faut aller la chercher à des distances souvent considérables du village. Sur les sommets peu élevés (950 à 1000 mètres) on trouve, comme nous l'avons vu, au-dessus de la limite de la végétation arborescente, quelques maigres prairies. Celles-ci, situées souvent à 6 ou 7 heures de marche du village, sont cependant une richesse pour les habitants, et à l'époque des fenaisons, le village entier s'y transporte, y campe, et durant quelques jours, il règne sur ces hauteurs une activité fébrile. A ce moment il serait inutile de songer à se procurer à prix d'argent un homme ou un cheval, la saison est courte, deux ou trois jours suffisent pour couper et sécher l'herbe, puis la mettre en tas, et les beaux jours sont rares. Les seules ressources de la population résident dans la chasse et dans la pêche. En été, la forêt regorge de gibier à plume, qui alimente alors posi-

tivement les habitants du pays. En hiver, c'est encore la chasse qui va leur procurer l'argent nécessaire pour acheter leur provision de farine ainsi que les denrées et les objets de première nécessité. Dès qu'apparaissent les premiers froids, de l'automne jusqu'au nouvel-an environ, les chasseurs battent les forêts et tuent par centaines des gélinottes. Ce gibier très estimé, peut être vu le froid expédié dans la Russie centrale ; chaque semaine il en part des cargaisons pour Perm. Le nouvel-an passé, c'est alors que commencent les grandes chasses à l'élan et au cerf, la peau et les cornes de ces animaux se vendent assez cher sur le marché de Perm ou de Solikamsk, et leur viande, salée, sert d'aliment pour le printemps et l'été. Deux ou trois chasseurs se réunissent d'habitude pour une campagne, et après avoir chargé sur un traineau léger des provisions destinées à leur alimentation pour plusieurs mois, ils partent, montés sur leurs skis, en tirant après eux leur véhicule. Ils parcourent de la sorte des distances parfois énormes, et traversent fréquemment la ligne de partage pour aller jusqu'en Sibérie chercher la piste de quelque gros gibier. Celle-ci découverte, ils la suivent jusqu'à la rencontre de l'animal qu'ils pourchassent souvent des journées entières, jusqu'à ce que la bête, vaincue par l'homme et lasse de fatigue, se laisse approcher et tuer sans difficulté. L'animal est alors dépecé, sa dépouille enfouie pour être retrouvée ensuite, et la chasse continue.

Les rivières sont poissonneuses, et fournissent aussi un aliment abondant. Le poisson se prend au filet avec la plus grande facilité, et les gens du pays déploient beaucoup d'habileté dans cette pêche qui est d'ailleurs toujours fructueuse.

Les chasseurs de Rastess ou de Kyria passent souvent des mois entiers dans la forêt sans rentrer au logis ; les campements qu'ils utilisent pour la vie en plein air sont des plus pratiques et bien supérieurs aux tentes ou autres abris ordinaires. En été ou en automne, lorsque les froids ne sont point encore très vifs, on établit un campement comme suit : quatre jeunes troncs bifurqués sont coupés dans la forêt, plantés en terre, et alignés deux à deux sur deux droites parallèles distantes d'un mètre environ ; ils servent de support à deux poutrelles improvisées, sur lesquelles de part et d'autre on appuie des perches qui forment en quelque sorte la carcasse d'un toit composé de deux plans inclinés symétriques. On recouvre ces perches d'une toile goudronnée, ou à défaut de longues bandes d'écorce de bouleau maintenues en place par quelques lourdes pierres ; entre les deux plans inclinés servant d'abri, on allume un grand feu, qu'un homme de garde que l'on rechange entretient soigneusement en y jetant de grosses buches taillées à la longueur voulue, et dont on fait un gros approvisionnement pour la nuit. On répand alors sur le sol une épaisse couche de branches de sapin qui préserve de l'humidité, et l'on s'étend les pieds contre le feu. Un semblable campement est monté en quelques instants, il suffit pour 6 à

8 personnes, la fumée en éloigne les moustiques qui sont en été la plaie de ces régions, et l'humidité toujours considérable du sol n'est ainsi plus nuisible. Par contre, lorsque le vent souffle, la fumée suffoque parfois, et bien souvent les brandons projetés du foyer tombent sur le dormeur, qu'une odeur de laine brûlée ne tarde pas à réveiller.

Lorsque surviennent les grands froids, le campement que nous venons d'indiquer n'est plus suffisant, car l'on se trouve trop éloigné du feu, et l'on ne saurait s'en rapprocher davantage sous peine d'être brûlé constamment par les tisons qui sont projetés du foyer surtout lorsque le bois employé comme combustible est du pin ou du bouleau, toujours fortement résineux.

On dispose alors le campement d'une façon toute différente : deux troncs de forte dimension sont coupés dans la forêt à la longueur de 8 mètres environ, l'un d'entre eux est excavé en forme de gouttière, dans laquelle s'emboîte le second. Aux deux extrémités, ces troncs sont serrés entre deux pièces de bois plantées parallèlement dans le sol, on peut alors les rapprocher au moyen d'une corde. Grâce à ce dispositif, on peut écarter les deux troncs l'un de l'autre à la distance convenable. On soulève alors le tronc supérieur, et l'on introduit dans la gouttière des tisons ardents. La combustion commence alors, elle se fait sans flamme ni projections violentes, le bois fuse lentement en répandant une douce chaleur. On règle la combustion par un écartement convenable des deux troncs, puis on se couche parallèlement à ceux-ci, à quelques centimètres seulement du feu, en se protégeant contre la pluie ou la neige par des perches plantées obliquement dans le sol et recouvertes par des bandes d'écorce ; le tout forme un abri qui s'avance sur le dormeur. On peut avec ce campement supporter des froids très vifs sans inconvénient ; c'est le seul qui soit usité en hiver pendant les grandes chasses.

En dehors des moyens d'existence que leur procure la chasse, une partie des habitants de Rastess, Verkh-Koswa ou Kyria travaillent soit à Sosnowka sur les placers platinifères, soit à Troïstk ou même en d'autres localités beaucoup plus éloignées. En hiver notamment, ceux qui possèdent un ou plusieurs chevaux, partent volontiers pour travailler comme charretiers sur les placers de la Toura ; ils rentrent généralement chez eux au commencement du printemps, et travaillent toujours par intermittence.

§ 4. *Moyens de locomotion, communications, etc.*

Les moyens de communication dans la région que nous allons décrire, sont en général difficiles, et à ce point de vue la comparaison avec certaines régions industrielles et minières de l'Oural du sud ne serait guère possible. Les différents

Fig. 14. — Autre campement simple, dans la forêt, sur la rivière Lozwinska

Fig. 15. — Campement aux sources de Garewata, le 7 septembre 1900, à l'altitude de 700 mètres environ

Fig. 16. — Une halte dans la forêt, près des sources de Garewata

villages dont nous avons parlé, communiquent entre eux par des sentiers à travers bois qui sont presque toujours d'un accès difficile. Comme la forêt est en maints endroits marécageuse, on jette sur les marécages des troncs de bouleaux ou de sapins, coupés à une longueur uniforme, et placés les uns à côté des autres; on forme de la sorte de véritables passerelles, qui se continuent souvent sur des kilomètres. Mais à la longue, le bois pourrit, et si le chemin n'est pas réparé constamment, la circulation devient alors très pénible, surtout après une période de pluie. Les chevaux, qui, en été, sont les seuls moyens de transport pour les marchandises et les denrées, sont heureusement bien dressés et ont le pied excessivement sûr. En dehors des sentiers indiqués il n'existe aucun chemin, et pour atteindre tel ou tel point, il faut se diriger soi-même et marcher souvent de longues journées en pleine forêt, ce qui demande beaucoup d'habitude et parfois de grands efforts, le sol étant presque toujours tourbeux ou marécageux, ou encore le chemin étant barré par des arbres abattus par le vent. Les hommes du pays s'orientent dans la forêt avec une grande facilité, cependant par le mauvais temps, il n'est pas rare de s'égarer pendant plusieurs heures, voire même pendant plusieurs jours. Le manque d'une bonne carte, joint à la difficulté d'accès de points suffisamment élevés offrant une vue générale de la contrée à vol d'oiseau, et aussi le fait que le ciel est presque toujours couvert, compliquent parfois beaucoup les itinéraires et la reconnaissance du pays.

Les cours d'eau permettent beaucoup plus facilement de pénétrer dans l'intérieur. On les remonte dans de longues pirogues, creusées dans de gigantesques troncs de sapins, et enduites de goudron. Celles-ci ressemblent à s'y méprendre aux embarcations des peuples lacustres, elles ont un petit tirant d'eau, et peuvent aisément flotter malgré la faible profondeur des rivières. Aux basses eaux cependant, cette navigation devient souvent difficile surtout dans la partie supérieure des cours d'eau; à chaque instant la pirogue s'échoue sur un banc de gravier, mais les bateliers qui la manœuvrent à la gaffe sautent rapidement à l'eau et soulèvent leur esquif à la force des bras pour le dégager; on marche alors avec une grande lenteur, et si les eaux sont basses, il ne faut guère songer à remonter les affluents de la Koswa, la navigation étant déjà rendue difficile sur cette rivière entre Troïstk et Verkh-Koswa. Par les hautes eaux, au contraire, on peut aisément faire de 35 à 40 kilomètres par jour en remontant le cours des rivières; chaque pirogue est manœuvrée par deux bateliers, un à l'avant, l'autre à l'arrière, qui sont en général très adroits et fort endurants. Pour descendre le cours des rivières, on laisse aller la pirogue au fil de l'eau, en la dirigeant au moyen d'une rame courte et plate qui rappelle la pagaye des insulaires.

En hiver, la circulation est beaucoup plus facile ; les sentiers sont couverts d'une épaisse couche de neige durcie, de même que les rivières qui gèlent dès les premiers froids. On chemine alors en traîneau, et avec de bons chevaux, on franchit en deux jours des distances qui, en été, en exigent cinq ou six. C'est en hiver que se fait la grande circulation et les échanges, et les habitants de Rastess, Kyria, etc., vont jusqu'à Solikamsk pour vendre leurs produits et acheter les denrées et objets qui leur sont nécessaires. C'est là notamment qu'ils font leur provision de farine pour l'année, et ils parcourent aisément en traîneau les quelque cent kilomètres qui séparent Rastess et Solikamsk.

Fig. 17. — Une pirogue et ses bateliers, sur la Koswa.

Fig. 18. — Navigation en pirogue sur la Koswa, entre Trotsk et Verkhoturie.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE IV

Topographie du Koswinsky-Kamen.

§ 1. Le dôme central du Koswinsky. — § 2. Le Pharkowsky-Ouwal. — § 3. Le Sosnowsky-Ouwal. — § 4. Le Malinky-Ouwal. — § 5. Le Kroutoï-Ouwal. — § 6. La dépression de la rivière Tilaï. — § 7. La chaîne du Kalpak-Soukogorsky, et le Kitlimsky-Ouwal. — § 8. La ligne de partage des eaux au Koswinsky. — § 9. L'éperon du Koswinsky.

§ 1. *Le dôme central du Koswinsky.*

La montagne du Koswinsky forme, nous l'avons vu, une espèce de môle isolé, qui, par son élévation, se distingue de fort loin. Sa forme est celle d'un polygone convexe allongé, dont les angles très ouverts sont produits par l'intersection des différents flancs de la montagne. Ceux-ci, à l'exception du flanc sud, sont d'ailleurs assez peu accusés ; il n'est pas rare en effet quand on chemine sur le Koswinsky de passer d'un flanc à l'autre sans s'en apercevoir, aucun accident topographique n'indiquant un changement de versant. La grande diagonale du polygone est à peu près orientée NS ou mieux NNE-SSO, elle coïncide donc sensiblement avec la direction générale des chaînes de la région. L'aspect que présente le Koswinsky est assez différent selon le point d'où on le regarde. Vu par exemple depuis la chaîne du Tilaï, il ressemble à une large pyramide, dont le sommet tronqué et arrondi paraît légèrement rejeté vers l'ouest. Par contre, lorsqu'on l'examine d'un point un peu éloigné situé aussi bien à l'est qu'à l'ouest de la montagne, depuis la laverie de Kitlim ou encore depuis le Rastesky-Kamen par exemple, le Koswinsky offre l'aspect d'une croupe rocheuse, dont la crête terminale assez courte par rapport à la dimension du grande axe de la base, est dirigée NNE-SSO et légèrement inclinée vers le sud. Le sommet principal est donc rejeté vers le nord, et forme l'origine de la crête indiquée ; sa hauteur a été mesurée à plusieurs reprises aussi bien en 1900

qu'en 1901 et généralement par le beau temps. Les chiffres obtenus ont varié entre 1490 et 1570 mètres, mais après corrections faites, cette hauteur ne dépasse certainement pas 1500 mètres, nous l'estimons exactement à 1490.

La déclivité des flancs en différents points de la montagne est assez variable; les flancs nord, nord-ouest, et nord-est, sont assez abrupts, la pente y est à peu près continue, et c'est à peine si elle diminue immédiatement sous le sommet principal. Sur les flancs est ou sudest, comme aussi sur le flanc occidental, on observe une disposition un peu différente qui est très caractéristique : la pente, de la base de la montagne jusqu'à la limite de la végétation est relativement faible, puis elle augmente alors brusquement, et dessine une côte rocheuse qui se continue jusqu'à l'altitude de 1300 mètres environ ; à partir de là, la pente diminue de nouveau considérablement jusqu'à la crête qui délimite les deux versants, et qui n'est alors plus qu'une arête à peine dessinée sur un dos d'âne relativement plat qui forme la partie culminante de la montagne. Cette disposition est donc très générale, elle s'observe sur un profil passant par la petite isba en ruine qui figure sur la carte, par le sommet, et de là par le flanc oriental jusqu'à l'une des sources de la rivière Kitlim. Au flanc sud, cette côte fait défaut, et la pente, plus faible qu'au flanc nord, est continue depuis la base de la montagne ; elle diminue cependant aux approches de l'extrémité méridionale de l'arête terminale qui délimite les deux versant de celle-ci.

Au Koswinsky, la limite de la végétation arborescente oscille selon les versants entre 700 et 800 mètres, elle s'abaisse naturellement au flanc nord. Au-dessus de cette limite, toute la surface de la montagne paraît formée par l'entassement chaotique de blocs de dimensions variées, souvent énormes, presque toujours anguleux, généralement couverts de lichens ou d'une croûte d'oxydation rougeâtre. De distance en distance, on voit émerger parmi les blocs quelques pitons déchiquetés formés par la roche en place. Ces pitons sont rares sur la côte rapide dont nous avons parlé, mais au contraire assez fréquents au voisinage du sommet qui, lui-même, est formé par l'un d'entre eux plus élevé que les autres.

L'origine des blocs entassés qui forment la presque totalité de la surface du Koswinsky est la suivante : sur les pentes un peu rapides ces blocs sont des éboulis qui proviennent sans doute du démantèlement d'anciens pitons situés au-dessus, sur les pentes faibles, il résulte d'un morcellement *in situ* de la roche en place par les agents atmosphériques.

Fig. 19. — Le Koswinsky. Flanc ouest et nord-ouest, vu depuis le Sostnowsky-Ouwal

Fig. 20. — Le Koswinsky. Flanc ouest, vu du Pharkowsky-Ouwal

Fig. 21. — Arête du Pharkowsky-Ouwal, vue prise depuis le point culminant de l'arête.

Fig. 22. — Le Sosnowsky-Ouwal, vue prise depuis le village de Sosnowka.

§ 2. *Le Pharkowsky-Ouwal.*

Vers l'ouest, le dôme du Koswinsky est séparé du cours de la rivière Sosnowka par une arête relativement élevée, qui court à peu près NNO-SSE, nous l'avons appelée Pharkowsky-Ouwal. A l'exception d'une série de pitons rocheux alignés sur cette arête, celle-ci est complètement couverte de végétation; le plus élevé de ces pitons mesure environ 822 mètres. Entre le Koswinsky et le Pharkowsky-Ouwal, il existe une espèce de dépression dans laquelle une barre transversale large et aplatie, fait naître une ligne de partage. Celle-ci crée deux bassins distincts, le premier draine les eaux du flanc occidental du Koswinsky au profit de la rivière Tilaï, le second, à celui de la Koswa.

§ 3. *Le Sosnowsky-Ouwal.*

Le Pharkowsky-Ouwal se prolonge vers le nord par une seconde arête de moindre élévation, boisée également, qui porte le nom de Sosnowsky-Ouwal. Cette arête, qui se termine à une faible distance du cours inférieur de la rivière Logwinska, sépare les lits et les embouchures des deux rivières Sosnowka du dôme central du Koswinsky. Le Sosnowsky-Ouwal n'est point absolument parallèle au Pharkowsky-Ouwal, il n'est pas davantage sur son prolongement immédiat, mais il se trouve très légèrement rejeté latéralement; sa hauteur atteint 720 m. Son orientation moyenne est approximativement NNE-SSO, sa direction forme donc avec celle de l'arête précédente un angle très obtus. Une faible dépression sépare l'extrémité nord du Pharkowsky-Ouwal de l'extrémité sud du Sosnowsky-Ouwal.

§ 4. *Le Malinky-Ouwal.*

Vers le sud, le Pharkowsky-Ouwal trouve sa continuation en une dernière arête toujours boisée, que nous avons appelée Malinky-Ouwal; elle en est séparée par une petite dépression dans laquelle s'amorce une des sources de la rivière Pharkowka. Cette arête se distingue très nettement depuis la laverie de platine de la petite Koswa, vers l'est, elle s'abaisse graduellement et se soude aux pentes du Koswinsky. Ces trois arêtes forment en quelque sorte une ceinture continue au flanc nord-ouest et sud-ouest du Koswinsky.

§ 5. *Le Kroutoï-Ouval.*

A l'est du Pharkowsky-Ouval et du Sosnowsky-Ouval apparaît une nouvelle crête boisée qui encaisse la rive gauche de la grande Sosnowka; son élévation est un peu inférieure à celle de la première des deux arêtes précédentes, elle est, par contre assez longue, et se termine vers le nord à une faible distance du village de Sosnowka.

A l'est de cette arête, de là jusqu'au cours de la rivière Tilaï, le sol s'abaisse graduellement par des ondulations successives.

§ 6. *La dépression de la rivière Tilaï.*

L'extrémité nord et nord-ouest du Koswinsky, le Katéchersky et une partie de la chaine du Tilaï, sont séparés de la rivière du même nom par une dépression boisée, sorte de grand plateau faiblement incliné sur lequel coule une série de rivières tributaires de la Tilaï. Cet abaissement continu du sol jusqu'à la rive gauche de la rivière Tilaï est très caractéristique; sur la rive droite, en effet, le sol remonte rapidement et par une série d'ondulations successives atteint une hauteur assez considérable dans la crête rocheuse continue du Stschutschi. L'extrémité septentrionale du Sosnowsky-Ouval de même que la base des flancs ouest et nord-ouest du Koswinsky, se raccordent par des pentes douces avec la grande dépression indiquée.

§ 7. *La chaîne du Kalpak-Soukogorsky et le Kitlimsky-Ouval.*

A l'est du Koswinsky comme aussi du Katéchersky et du Tilaïsky-Kamen, se trouve, comme nous l'avons vu, une longue chaîne relativement élevée, qui forme le dernier accident topographique important que l'on rencontre avant la plaine lacustre de l'Oural sibérien. Cette chaîne unique comprend une série de sommets aux formes variées, qui se nomment Kalpak, Sémitchellowietchesky, Tokaïsky et Soukogorsky; elle est entièrement située sur le sol sibérien et autant qu'on en peut juger depuis le Koswinsky, elle paraît orientée comme lui. Lorsqu'on examine cette chaîne depuis la laverie de Kitlim par exemple, elle semble constituée par plusieurs rides parallèles, les sommets du Tokaïsky et du Soukogorsky apparaissent en effet der-

Fig. 23. — Chaîne du Kalpak-Soukogorsky, prise depuis la laverie de platine de Kitlim
A droite le Kalpak, a gauche le commencement du Sémitchellowietchesky

Fig. 24. — Continuation du Sémitchellowietchesky vers le nord.
Vue prise de Kitlim.

rière ceux du Kalpak et du Sémitchellowietchesky, en réalité elle est bien unique, et cette disposition particulière résulte de la présence de contreforts latéraux qui se détachent des sommets principaux, et qui, vus obliquement, semblent former autant de crêtes parallèles. La chaîne du Kalpak-Soukogorsky est élevée, moins cependant que le Koswinsky, le Soukogorsky en est le point culminant. La hauteur du Kalpak, mesurée au 31 juillet 1901 par un beau temps, a été trouvée de 980 mètres; après corrections nous l'estimons à 1,026 mètres.

Entre le Koswinsky et la chaîne indiquée, il existe une vaste région couverte de superbes forêts, qui mesure à peu près de 15 à 20 kilomètres de largeur; c'est dans celle-ci que coule la rivière Kitlim et que se trouvent les placers exploités. Une longue crête boisée et basse, qui, autant qu'il nous a été permis d'en juger à distance, court sensiblement parallèlement au Koswinsky, s'élève dans l'espèce de dépression comprise entre celui-ci et la grande chaîne décrite précédemment. Cette crête vient se terminer vers le nord à une faible distance de l'exploitation de Kitlim. Nous l'avons appelée Kitlimsky-Ouwal; c'est sur celle-ci que s'appuie la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes.

§ 8. *La ligne de partage des eaux au Koswinsky.*

Celle-ci débute d'abord par une barre transversale excessivement plate qui réunit le Kitlimsky-Ouwal au flanc oriental du Koswinsky. Elle s'y amorce par une arête rocheuse, faiblement accusée, qui délimite les flancs est et sud-est de cette montagne. Dès que le roc cesse pour faire place à la végétation, c'est alors que commence la barre dont il vient d'être question. Son orientation, autant qu'il est permis d'en juger à distance par un temps brumeux, est à peu près est-ouest ou légèrement inclinée par rapport à cette direction; de toutes façons elle n'est point perpendiculaire au flanc oriental du Koswinsky, mais fait avec lui un angle très obtus.

Le point culminant du Kitlimsky-Ouwal ne doit certainement pas dépasser 600 mètres. Cette hauteur a été déterminée le 18 septembre 1900 par la mesure de la pression barométrique, mais le mauvais temps qui régnait ce jour-là enlève toute précision à celle-ci; cette pression correspondait à une altitude de 640 mètres. Le Kitlimsky-Ouwal est d'ailleurs complètement boisé, nulle part le roc n'y est à nu; quant à la hauteur de la barre qui forme la ligne de partage, elle est fort inférieure à celle du Kitlimsky-Ouwal, comme nous avons pu nous en convaincre lors des excursions dans la région aussi bien en 1900 qu'en 1901. En effet, lorsqu'on se rend de Malinka-Koswa à Kitlim, on chemine pendant plus de 10 verstes dans la forêt

sans noter d'augmentation sensible dans l'altitude; la région, toujours très marécageuse, produit au contraire l'impression d'être presque plate. Au point où après avoir monté insensiblement, on passe du versant européen sur le versant asiatique de la ligne de partage, le baromètre indiquait le 29 juillet 1901 par un beau temps 450 mètres d'altitude, soit 45 mètres environ au-dessus de la cote du village de Malinka-Koswa prise le matin même. Après corrections, nous estimons cette hauteur à 405 mètres. Sur le versant asiatique, la pente jusqu'aux placers de Kitlim est également très faible, et la contrée reste toujours très marécageuse. A Kitlim, le soir de notre arrivée, le baromètre indiquait une hauteur de 310 mètres, ce qui est d'ailleurs conforme aux autres cotes déterminées les jours suivants, il y a donc une différence de niveau de 70 mètres environ entre les placers de la petite Koswa situés sur le versant européen et ceux de Kitlim situés sur le versant asiatique de la ligne de partage. Le rôle effacé que joue dans la topographie cette barre à peine perceptible formant la ligne de partage en cet endroit est digne de remarque, à première vue il paraît évident qu'elle a pu et pourrait encore se déplacer aisément sous des influences minimes, et que par conséquent la partie supérieure des bassins de Kitlim et de la petite Koswa a pu jadis être différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Cette région est d'ailleurs fort peu connue vu l'étendue des marécages qui la rendent d'un accès difficile. Depuis la barre en question, la ligne de partage monte sur le Koswinsky, suit sa crête, puis s'abaisse ensuite sur son flanc nord et passe de là à l'ouest du sommet principal du Katéchersky.

§ 9. *L'éperon du Koswinsky.*

L'accident topographique le plus important que présente le Koswinsky, est un prolongement rocheux, sorte d'éperon relativement bas qui paraît terminer la montagne du côté du nord-est. Depuis les placers de Kitlim, cet éperon présente l'aspect d'une forte colline qui paraît soudée au Koswinsky, et qui, à l'exception de la crête, est couverte de végétation arborescente. Cette crête est rougeâtre, et se distingue de fort loin déjà par sa couleur de celle de la roche plus grise qui forme le Koswinsky. Cet éperon s'avance contre le Katéchersky, il se détache de l'extrémité nord du flanc oriental du Koswinsky, à l'endroit où il s'amorce il existe un petit col peu échancré.

La crête de cet éperon, de son origine jusqu'à la distance de 350 mètres environ, est orientée est-ouest; elle tourne ensuite, et sur une distance de 800 mètres environ, cette orientation devient nord-est sud-ouest; de là jusqu'à son extrémité,

Fig. 25. — Le Koswinsky. Flanc sud et sud est, vu des marais de Malinka-Koswa
Au premier plan le Malinky-ouwal

Fig. 26. — Le Koswinsky, vu de Kitlim. Flanc nord est, est et sud-est. Sur la droite l'éperon du Koswinsky, sur la gauche la ligne de partage

il se produisit un nouveau changement de direction et sur une longueur de 1100 mètres environ l'orientation est à peu près nord-sud; on voit donc que, grosso modo, en faisant abstraction de cette incurvation, on ne s'écarte pas beaucoup de la vérité en prenant le nord-est comme direction moyenne de l'éperon.

Sur la crête de celui-ci viennent se souder deux prolongements latéraux; le premier se détache à la cote 774 mètres environ, au moment où se produit le premier changement de direction, il mesure plus de 800 mètres de son origine à son extrémité, et son orientation est OON-EES. Le second naît au deuxième changement de direction de l'arête principale, il est orienté OOS-EEN, mesure plus de 1200 mètres de longueur, et se détache à la cote 738.

CHAPITRE V

Hydrographie du koswinsky.

§ 1. Généralités sur les cours d'eau. — § 2. Les affluents de la Koswa. — § 3. Les affluents de la Tilaï. — § 4. Les affluents de la Kitlim.

§ 1. *Généralités sur les cours d'eau.*

Plusieurs rivières prennent leur source et coulent sur les flancs du Koswinsky ou de ses contreforts : elles sont toutes tributaires de la Koswa, de la Tilaï ou de la Kitlim. Ces différentes rivières ne se distinguent en rien des autres affluents de la Koswa; elles s'amorcent généralement sur des pentes boisées ou dans des replats marécageux de la forêt, non loin de la limite de la végétation. D'autres fois elles débutent sous forme d'une série de ruisselets dans la partie supérieure de ravins boisés presque toujours marécageux en cet endroit; rarement elles naissent sur les pentes rocheuses de la montagne, en y dessinant des sillons qui sont visibles dans la topographie.

Dans la région supérieure de leur cours, ces différentes rivières sont assez rapides, mais dès qu'elles quittent les pentes un peu fortes, elles coulent généralement dans un thalweg assez large creusé par le cours d'eau dans la roche en place à une époque bien antérieure. Ce thalweg est en partie remblayé par d'anciennes alluvions dans lesquelles la rivière actuelle a établi son lit. La largeur de ce thalweg par rapport à celle du lit contemporain est fort considérable, les berges qui en forment les deux rives sont parfois assez escarpées et élevées.

Les alluvions anciennes qui remplissent l'ancien lit sont assez épaisses (4 à 5 mètres). Généralement à leur surface elles sont couvertes par une couche de tourbe ou de terre végétale servant elle-même de substratum à des marécages. Ces régions plates et marécageuses qui s'étendent des deux rives du cours d'eau contemporain jusqu'au pied des berges de l'ancien thalweg sont souvent d'un accès difficile, ce qui complique beaucoup l'exploration du cours total de plusieurs de ces rivières. Le débit de ces divers cours d'eau est très variable, mais d'habitude petit. Rarement cependant le lit s'assèche pendant les fortes chaleurs de l'été.

§ 2. *Les affluents de la Koswa.*

Ce sont, en allant de l'amont vers l'aval, les rivières Malinka-Koswa, Pharkowka, Tzenkowka et Kroutaïa.

La rivière *Malinka-Koswa* est une de celles dont le cours est le plus considérable. Elle s'amorce à la base du flanc sud-est du Koswinsky, près de la ligne de partage, dans une région fort marécageuse, et coule en moyenne de l'est vers l'ouest en suivant sensiblement la base du flanc sud du Koswinsky et du Malinky-Ouwal. Sur toute l'étendue de son cours, les marécages sont très développés, principalement dans le voisinage de la laverie de platine, il faut les traverser lorsqu'on se rend de celle-ci au Koswinsky, et vus depuis le sommet de cette montagne, ils apparaissent comme une grande tache jaunâtre au milieu de la forêt. La petite Koswa reçoit plusieurs affluents qui ne figurent sur aucune carte, il en existe au moins deux sur la rive gauche et un sur la rive droite. Le plus important d'entre eux est représenté par la rivière Bérésowka dont le confluent se trouve à une faible distance du bâtiment de la laverie. La petite Koswa se jette dans la grande Koswa non loin de l'embouchure de Pharkowka, un peu en amont de l'extrémité nord du Soukhoï-Kamen. Les alluvions anciennes sont très développées le long du cours de la petite Koswa, leur épaisseur y varie beaucoup, en général elles sont couvertes d'une couche de tourbe de 0,80 à 1,20 m.

La *rivière Pharkowka*, dont le cours total mesure une dizaine de verstes environ, coule en moyenne du nord-est vers le sud-ouest ; elle prend naissance au flanc sud-ouest du Koswinsky, et passe par la dépression qui sépare le Pharkowsky du Malinky-Ouwal. La rivière elle-même est le résultat de la réunion de deux sources distinctes que l'on croise lorsqu'on va de Sosnowka à la petite Koswa. La pente générale du cours de la rivière est assez faible, le lit actuel est creusé dans d'anciennes alluvions dont la largeur atteint par places jusqu'à 100 mètres et l'épaisseur de 2 à 5.

La *rivière Tzenkowka* coule sensiblement parallèlement à la précédente, sur une pente assez rapide. Ce n'est qu'un simple ruisselet sans importance, dont le cours est très réduit. Son lit actuel est également creusé dans d'anciennes alluvions dont l'épaisseur et l'étendue ne sont point considérables.

La *rivière Kroutaïa* enfin est la première que l'on rencontre lorsque l'on remonte la Koswa en amont de son confluent avec Tilaï. Elle prend sa source sur le flanc occidental du Kroutoï-Ouwal, et coule à peu près du nord-est vers le sud-ouest ; elle forme comme la précédente un tributaire très peu important.

§ 3. *Les affluents de la Tilaï.*

Ce sont les rivières: Balchaïa et Malinka Sosnowka, puis la rivière Logwinska. La *Balchaïa Sosnowka* prend sa source au col qui sépare le Kroutoï-Ouwal de l'extrémité septentrionale du Pharkowsky-Ouwal, son cours total mesure 6 à 7 verstes au plus, elle coule du sud-est vers le nord-ouest. Aux sources, la pente est assez forte, mais elle diminue rapidement déjà en amont du village. La rivière Sosnowka coule d'abord parallèlement au Sosnowsky-Ouwal qui en forme la rive droite, puis elle s'en écarte à deux verstes environ de son embouchure. Elle reçoit deux affluents qui naissent et coulent entièrement sur le flanc occidental du dit Ouwal. Le premier de ces affluents se jette dans la Sosnowka un peu en amont du village, le second à quelques mètres en aval. La pente du lit de ces deux affluents est beaucoup plus forte que celle de la rivière, le sillon tracé par celle-ci est bien accusé dans la topographie du Sosnowsky-Ouwal. Les alluvions anciennes sont très développées le long du cours actuel de la grande Sosnowka qui fut certainement jadis une rivière beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui. L'épaisseur de ces alluvions anciennes dépasse rarement trois mètres, le lit actuel ne coïncide pas toujours avec l'axe de l'ancien lit.

La *Malinka-Sosnowka* est un petit ruisseau découvert récemment, qui se jette dans la Tilaï à une faible distance en amont de l'embouchure de la rivière précé-

dente dont elle est séparée par un pli de terrain; elle naît à une faible distance de la crête du Sosnowsky-Ouwal sur le flanc occidental de cette arête, et reçoit à quelques cents mètres de son embouchure un petit affluent qui lui aussi provient du Sosnowsky-Ouwal, mais s'amorce un peu plus au nord. Bien que la petite Sosnowka ne soit qu'un simple ruisselet elle coule également dans un ancien thalweg remblayé par des alluvions.

La *rivière Logwinska* était fort mal connue avant nos différentes expéditions. Sur la carte russe, elle est figurée comme étant unique, et venant du Katéchersky avec une orientation moyenne EEN-OOS, en réalité cette rivière est le produit de la réunion de trois cours d'eau distincts, qui prennent leur source en des points fort différents. La première de ces rivières que nous appellerons Logwinska-Sosnowsky, prend sa source au flanc oriental du Sosnowsky-Ouwal et coule sensiblement parallèlement à cette arête. La seconde s'amorce au flanc nord-ouest du Koswinsky, elle reçoit les eaux qui proviennent de la dépression située entre le Koswinsky et le Katéchersky sur le versant occidental de la barre qui réunit ces deux montagnes, et forme comme nous l'avons vu la ligne de partage; elle coule de l'est vers l'ouest, et se réunit à la première à trois verstes environ du confluent de Logwinska Koswinsky-Katéchersky, la totalité de son cours est située sur le grand plateau faiblement incliné dont il a été parlé précédemment. La troisième rivière coule du nord-est vers le sud-ouest, elle naît dans la dépression située entre le Katéchersky et le Tilaï et se réunit à la Logwinska, produit de l'union des deux précédentes, à 2 verstes environ en aval de leur confluent. La Logwinska proprement dite a donc un cours très restreint, qui comprend la région située entre son embouchure et le confluent de Logwinska-Katéchersky-Tilaï; si nous n'avions pas remonté individuellement le cours de chacun de ces trois affluents jusqu'à leur source rien ne nous aurait permis de supposer leur présence. En effet, depuis un point élevé, le sommet du Koswinsky par exemple, il est impossible de voir le tracé du cours de ces rivières au milieu de l'épaisse forêt qui couvre la contrée, surtout lorsque celles-ci sont petites. Pour les artères plus grandes, le tracé en est simplement jalonné par des bouleaux dont la couleur plus claire tranche à distance sur le fond sombre formé par les pins et les sapins de la forêt. Les marécages sont aussi fort abondants le long du cours du Logwinska et de ses affluents, ce fait en rend l'exploration assez difficile. L'ancien lit est parfois assez large et recouvert d'une couche d'alluvions qui mesure par place de 2 à 4 mètres.

§ 4. *Les affluents de la Kitlim.*

Celle-ci provient du versant asiatique du Koswinsky, et bien que son cours n'ait point été poursuivi au delà des placers, il est évident qu'elle doit se jeter dans la Logwa. Nos recherches ont montré qu'elle comportait plusieurs sources distinctes complètement inconnues jusqu'ici, et qui, à l'exception d'une seule, descendent toutes du Koswinsky. La première, que nous appellerons Kitlim *A*, débute au flanc sud de la barre peu prononcée qui soude le Koswinsky au Katéchersky, elle coule dans la vallée boisée comprise entre ce dernier et les flancs est et nord-est du Koswinsky, puis plus à l'est, elle passe entre le même Katéchersky et la base du triangle rocheux qui délimite l'extrémité septentrionale de l'éperon du Koswinsky. Dans la partie supérieure de son cours, près des sources, la Kitlim *A* (appelée aussi Kitlim Katéchersky-Koswinsky) reçoit les eaux des deux autres tributaires que nous appellerons *B* et *C*.

La source Kitlim *B* a un cours excessivement réduit, elle descend du flanc nord du Koswinsky et s'amorce sur celui-ci à peu près à la limite de la végétation. Le thalweg, malgré la forêt qui recouvre le sol, en est cependant indiqué dans la topographie; elle se jette à 300 mètres environ en amont du point où Kitlim *A* commence à entamer l'extrémité nord de l'éperon. La source Kitlim *C* coule sur le versant nord-est du Koswinsky dans une petite vallée encaissée entre les flancs ouest et nord-ouest de l'éperon, et une petite côte rocheuse qui sépare la source *B* de *C*. Elle naît tout près du col situé entre la crête de l'éperon et les pentes du Koswinsky, presque à la limite de la forêt; son cours, très restreint, est rapide, elle se jette dans Kitlim *A* à quelques mètres en aval du confluent de *B*. Au delà du défilé compris entre le Katéchersky et l'extrémité nord de l'éperon, la vallée s'élargit subitement, et la rivière, produit de la réunion des trois Kitlim indiquées, quitte le Koswinsky pour couler sur un sol faiblement incliné qui fait déjà partie de la dépression comprise entre le Koswinsky et la chaîne du Kalpak-Soukogorsky.

La quatrième source de Kitlim, appelée *D*, prend naissance sur l'autre versant de l'éperon, dans un petit vallon compris entre le premier prolongement de celui-ci qui en forme la rive gauche, et un contrefort rocheux qui se détache du flanc est du Koswinsky et sépare cette source de la suivante; la pente dans la partie supérieure de son cours est rapide, mais diminue assez brusquement à une faible distance de sa jonction avec la source suivante, la Kitlim *E*. Celle-ci s'amorce au flanc est du Koswinsky sur les pentes rocheuses qui forment la côte rapide dont nous avons

parlé; son lit dessine un sillon que l'on voit de fort loin. Elle coule ensuite dans un large ravin boisé, délimité d'un côté par le contrefort rocheux déjà indiqué qui en forme la rive gauche, et de l'autre par l'arête peu marquée qui sépare les flancs est et sud-est du Koswinsky, et se soude à la ligne de partage.

La rivière qui résulte de l'union des deux Kitlim *D* et *E* quitte bientôt la base du Koswinsky, et coule dès lors à travers la forêt; elle se joint à Kitlim-Katechersky *A*, à une assez grande distance de cette montagne, on la croise quand on vient des placers de la petite Koswa sur ceux de Kitlim, en passant par la ligne de partage.

Il existe sans doute une dernière source qui provient de la ligne de partage elle-même; nous avons en effet rencontré non loin de celle-ci et sur le versant asiatique, une petite rivière à cours très lent, qui, à travers la forêt et les marécages, coulait dans la direction de Kitlim; nous ne l'avons d'ailleurs pas suivie au delà du point où nous l'avons croisée.

Les alluvions anciennes sont très développées sur la rivière Kitlim, et il est curieux de constater que celles-ci ont parfois une épaisseur considérable tout près de la naissance des sources; ainsi, sur Kitlim *D*, à deux verstes environ du point où elle prend naissance, le lit contemporain est creusé dans des alluvions assez étendues, qui, par place, mesurent jusqu'à 5 mètres d'épaisseur. Sur Kitlim *A*, *B* et *C*, nous avons également trouvé une couche alluviale variant de 2 à 4 mètres de puissance, mais c'est près du village de Kitlim surtout que la nappe alluviale répandue sur l'ancien lit de la rivière paraît être la plus étendue et témoigne ainsi de l'existence d'un régime hydrographique ancien bien différent que celui actuel. L'épaisseur de cette nappe mesure 7 mètres environ, sa largeur, assez variable, est toujours très considérable, à en juger par celle du sillon creusé dans cette alluvion par les travaux d'exploitation, comme aussi par l'existence de puits de sondage foncés de part et d'autre des deux rives. Ici comme sur la petite Koswa avec laquelle d'ailleurs la Kitlim a une grande analogie, l'alluvion est fréquemment recouverte d'une couche de tourbe d'épaisseur variable.

CHAPITRE VI

Géologie du Koswinsky.

§ 1. La « koswite » au Koswinsky. — § 2. Roches filonniennes dans la koswite. — § 3. L'éperon du Koswinsky et les dunites massives. — § 4. Les gabbros à olivine du Pharkowsky et du Malinky-Ouwal. — § 5. Les dunites massives au Sosnowsky-Ouwal. — § 6. La zone des diabases du Krontoï-Ouwal. — § 7. Géologie de la dépression des sources de Logwinska. — § 8. Les roches de la ligne de partage et du Kitlimsky-Ouwal.

§ 1. *La « koswite » au Koswinsky.*

Le Koswinsky dans son ensemble est exclusivement constitué par des roches éruptives basiques de profondeur, que Krotow a réunies sous le nom collectif de péridotites, mais qui, en réalité, appartiennent à plusieurs espèces pétrographiques distinctes, bien qu'étroitement liées entre elles par des formes de passage. Ces différents types sont cantonnés sur des points divers de la montagne ou de ses contreforts.

Lorsqu'on sillonne en tout sens la coupole terminale du Koswinsky, à partir de la limite des forêts on ne trouve presque invariablement qu'une seule et même roche qui compose aussi bien les blocs anguleux jonchant le sol que les rares pointements rocheux que l'on voit en place. Cette roche est une pyroxénite à olivine d'un caractère assez spécial, à laquelle nous avons donné le nom de koswite dans un travail antérieur. Sur le terrain, l'aspect que présente cette koswite est très uniforme ; c'est une roche foncée, cristalline, grenue, dont le grain s'exagère quand le pyroxène domine, et diminue au contraire dans le cas inverse. Ces différences ne sont d'ailleurs nullement localisées dans les diverses régions de la montagne, souvent même elles se rencontrent sur des blocs très voisins. La koswite est surtout caractérisée par l'abondance de la magnétite, qui peut même s'y accumuler localement en donnant naissance à des nids ou à des veinules d'une certaine importance, sans atteindre toutefois des dimensions qui les rendraient exploitables. Généralement la koswite s'altère superficiellement par les agents atmosphériques, les blocs primitivement anguleux de cette roche s'effritent et s'arrondissent, ou encore se couvrent

d'une patine rougeâtre provenant de l'oxydation des éléments ferro-magnésiens. Lorsque la roche contient des nids de magnétite, sa désagrégation lente met ces derniers en liberté : telle est l'origine des blocs de fer oxydulé pouvant peser jusqu'à 200 kilogrammes, que l'on rencontre sur certains points mêlés aux fragments de la koswite. Il est évident que cette roche massive forme exclusivement le môle du Koswinsky à partir de la limite de la végétation. Dès que l'on quitte celle-ci pour pénétrer dans la forêt, il devient très difficile de se faire une idée de la constitution géologique du sol vu la rareté des affleurements, et il faut souvent faire des puits en assez grand nombre pour connaître la nature de la roche sous-jacente. Sur les flancs N et NE qui regardent le Katéchersky, nous avons cependant pu établir que la koswite se continue jusque dans le voisinage du cours de la rivière Kitlim *A* ; des puits foncés près de l'embouchure de Kitlim *B* et *C* ont, en effet, rencontré la koswite en place, cette roche formait (en compagnie des dunites dont il sera question plus loin) le matériel exclusif de l'alluvion ancienne et contemporaine de ces deux petits cours d'eau ; en revanche, sur les premières pentes du Katéchersky qui encaissent la rive gauche de Kitlim *A*, on trouve déjà sur quelques pointements rocheux que l'on voit dans la forêt, des roches fort différentes de la koswite dont nous reparlerons d'ailleurs à propos du Katéchersky lui-même.

Sur les flancs E et SE du Koswinsky la koswite se continue également dans la forêt fort au-dessous de la limite de la végétation. Nous avons en effet trouvé cette roche en place par des puits faits sur Kitlim *E* près de son confluent avec *D*, c'est-à-dire presque à la base des premières pentes du Koswinsky sur son versant oriental.

Sur les flancs SO et O, la koswite se montre également assez bas dans la forêt, mais elle ne se trouve plus au Malinky ni au Pharkowsky-Ouwal, elle cesse même à une faible distance à l'ouest de l'isba construite jadis sur le flanc sud-ouest du Koswinsky, à quelques mètres au-dessus de la limite de la végétation.

§ 2. *Roches filonniennes dans la koswite.*

Le dôme de koswite massive qui forme le Koswinsky est sur plusieurs points traversé par des roches filonniennes qui paraissent assez abondantes et qui ne sont autre chose que des dunites typiques. Rarement on peut voir les filons en place, dans la plupart des cas ils sont démantelés et on en retrouve la roche constitutive à l'état de gros bloc anguleux dispersés parmi les débris de koswite, ou faisant traînée dans des pierriers. La couleur ocreuse de cette dunite tranche sur celle plus noirâtre de la koswite environnante, et de fort loin déjà, on distingue des taches ou des sillons

Fig. 27. — Flanc sud-est du Koswinsky. Cette vue montre l'asp[illegible] les pentes de la montagne au-dessus de la limite de la végétation.

Fig. 28. — Le sommet du Koswinsky-Kamen

jaunâtres qui, sur les pentes arides du Koswinsky, signalent la présence de ces filons. Ainsi par exemple depuis la laverie de Kitlim, on distingue plusieurs de ces taches sur les pentes de l'extrémité septentrionale du flanc est du Koswinsky qui domine l'éperon dont il a été question précédemment. Ces filons de dunite sont tout particulièrement nombreux sur les flancs est et nord-est du Koswinsky, on les retrouve cependant sur les versants ouest, sud et sud-ouest de la montagne, mais l'aspect de la dunite est ici un peu différent. En effet, la roche filonnienne rencontrée sur le flanc occidental est profondément altérée, son aspect ocreux est dû à cette altération, et vus de près, les blocs de cette roche ressemblent à des fragments de grès argileux. Il faut souvent en débiter d'énormes pour trouver au cœur même la roche encore fraîche, qui dans ce cas est verdâtre et d'aspect serpentineux. La dunite filonnienne du flanc occidental, par contre, est plus rougeâtre, l'altération est ici toute superficielle, et dès que l'on en casse un fragment on trouve sous la croûte d'oxydation qui est toujours mince, une roche grenue qui généralement n'est pas serpentineuse. Cette dunite est parfois légèrement schisteuse, nous l'avons observée en place, encaissée dans la koswite, sur plusieurs des pointements rocheux du flanc sud-ouest au-dessus de l'isba.

En dehors de dunites filonniennes, nous avons rencontré en deux reprises, au cours des multiples excursions faites sur le Koswinsky, d'autres roches fort curieuses, dont on ne voit pas les filons en place, mais qui sont rencontrées à l'état de gros blocs mêlés à ceux de la koswite. Il est certain cependant, que vu leur position et la nature de leur entourage, ceux-ci ne peuvent provenir que de filons démantelés. Ces roches sont d'un blanc éclatant, d'une structure grenue et saccharoïde, et paraissent formées presque entièrement de feldspath. Quelques-unes cependant, renferment des rares et petits cristaux de hornblende, d'autres enfin sont zébrées de traînées d'élément noir qui y forment de véritables « schlieren, » ce qui leur communique un aspect très particulier. Ces roches ont été trouvées pour la première fois en 1900 sur le flanc sud-est du Koswinsky, à une altitude de 1420 mètres environ; nous les avons observées de nouveau l'année suivante sur les pentes qui dominent le col qui sépare le flanc est du Koswinsky de l'éperon qui s'en détache, à l'altitude de 60 mètres environ au-dessus du col. En cet endroit, les variétés avec schlieren font défaut, les roches sont exclusivement feldspathiques, et leurs blocs disséminés parmi ceux de la koswite massive et de la dunite filonnienne, ressemblent à des morceaux de sucre gigantesques. Ces roches feldspathiques paraissent d'ailleurs assez rare, nous les avons cherchées attentivement en d'autres points du Koswinsky, mais sans succès.

§ 3. *L'éperon du Koswinsky et les dunites massives.*

Les roches qui forment l'éperon du Koswinsky sont fort différentes de la koswite. Lorsqu'on chemine du col qui sépare le Koswinsky de l'éperon décrit précédemment pour gagner la crête rocheuse qui en délimite les deux versants, on quitte non loin du col la koswite qui est en place, et on trouve déjà à la naissance de cette crête une roche rougeâtre bien différente, dont l'aspect rappelle absolument celui des dunites filonniennes avec lesquelles elle s'identifie d'ailleurs complètement. Cette roche qui, à l'état frais, est de couleur verdâtre, serpentineuse, souvent légèrement schisteuse et écrasée par dynamo-métamorphisme, et couverte également d'une croûte d'oxydation rougeâtre qui traduit extérieurement une altération toujours très profonde; elle affleure sur l'arête même, sous forme d'une série ininterrompue de pitons rocheux, tandis que sur les deux versants des blocs épais de la même roche jonchent la surface du sol. Cette roche ne se distingue de la dunite filonnienne que par le fait qu'elle est massive, ce qui ressort des observations suivantes.

Nous avons vu précédemment que la crête de l'éperon du Koswinsky change deux fois d'orientation. Lorsqu'on la suit de sa naissance à l'altitude 812 mètres jusqu'à son extrémité septentrionale, au point où le roc vif cesse pour faire place à la végétation, on chemine constamment sur la dunite qui se retrouve sur les deux versants dénudés et dans la forêt. Nous avons en effet retrouvé cette roche en place sur la rive droite de Kitlim *C*, et dans des puits foncés à 200 mètres environ de son confluent sur les deux rives. Sur le flanc oriental de l'éperon, nous avons constaté qu'elle descend également fort bas dans la forêt. A l'extrémité septentrionale de la crête, à la cote 672 mètres, la dunite massive entre directement en contact avec la koswite au point même où commence la végétation, le contact immédiat est cependant masqué par des éboulis. Sur le flanc occidental de l'éperon, ce même contact se fait à une petite distance de la rive gauche de Kitlim *C;* lorsqu'on longe ensuite la crête rocheuse des deux prolongements de l'éperon, on retrouve exactement la même disposition, et sur toute la crête dénudée on rencontre la dunite en place de même que sur les deux versants de l'arête, mais près du point où apparaît la végétation, la dunite massive entre là encore en contact avec la koswite. Si maintenant on chemine du col de l'éperon dans la direction de l'est, en suivant sensiblement la courbe de niveau qui passe par le col, on traverse la partie supérieure du ravin dans lequel l'affluent *E* de Kitlim prend sa source, et on arrive ainsi sur la barre rocheuse qui se détache du Koswinsky et qui en forme la rive droite. Pendant tout le parcours on ne quitte pas la dunite, et l'on reste

dans le voisinage de son contact avec la koswite. En suivant alors la crête de la barre rocheuse sur 150 mètres environ, on ne quitte pas la dunite massive, mais à partir de là elle entre en contact avec la koswite. Le contact des deux roches remonte donc du premier prolongement latéral de l'éperon jusqu'au point indiqué. Lorsqu'on traverse ce contact, on trouve au delà plusieurs gros filons de dunite encaissés dans la koswite, nous en avons observé qui mesuraient jusqu'à 20 mètres d'épaisseur.

Si enfin, on remonte le ravin qui forme le lit de Kitlim *E*, on constate que la dunite massive trouvée sur la barre rocheuse qui en forme la rive gauche et qui sépare les deux Kitlim *D* et *E*, ne se retrouve plus de l'autre côté de la rive droite. On peut donc déduire de l'ensemble de ces observations que l'éperon du Koswinsky tout entier est formé par une espèce de batholithe de dunite massive, intrusive et enclavée dans la koswite qui la circonscrit de toute part. Ce dôme intrusif est accompagné sur les bords de roches identiques qui percent en filons, vers l'est il se rétrécit et se termine dans la barre rocheuse qui sépare les sources de Kitlim *D* et *E*; sur les flancs est, sud-est et sud du Koswinsky on perd toute trace d'une formation semblable.

Nulle part, sur l'éperon du Koswinsky, nous n'avons pu observer un contact bien découvert de la dunite et de la koswite, mais par analogie avec ce que nous avons vu sur d'autres points, notamment dans la chaîne du Tilaï aux sources de la rivière Poloudniewaïa, il doit sans doute se faire par une brèche éruptive à cailloux de koswite empâtés dans la dunite.

En dehors de la dunite massive, on trouve à la surface de l'éperon certaines roches énigmatiques qui s'y présentent d'une façon très curieuse. On observe en effet parmi les blocs de la dunite dispersés sur le sol, des petits cailloux anguleux d'une roche blanche et saccharoïde, mêlés à d'autres plus volumineux d'une roche noire et cristalline paraissant amphibolique. Ces fragments semblent avoir été posés comme à dessein sur le sol par une main consciente, on les voit souvent alignés en petites traînées. Cette trouvaille nous a rendus fort perplexes, l'absence de phénomènes glaciaires éliminant d'emblée l'idée d'une origine étrangère pour ces cailloux. Nous avons trouvé la clef de l'énigme sur l'un des prolongements latéraux de l'éperon: là, dans la roche en place, on voit des filonnets et des veinules d'une roche grenue et cristalline, de couleur foncée, qui traversent nettement la dunite. Ces filons sont plus résistants à l'action des agents atmosphériques que cette dernière, et lorsque celle-ci est désagrégée par leur intervention, ils restent sur le sol à l'état de petits cailloux anguleux dont l'orientation apparente correspond évidemment à la direction primitive des filonnets.

En dehors des cailloux indiqués, on trouve aussi à la surface de l'éperon du Koswinsky de nombreux petits fragments de fer chromé, liés souvent encore à de la dunite décomposée, qui représentent des nids et des concentrations locales de ce minéral emprisonnés dans la dite roche et mis en liberté par sa désagrégation lente. Ces fragments de fer chromé pèsent au plus quelques kilogrammes.

§ 4. *Les gabbros à olivine du Pharkowsky et du Malinky-Ouwal.*

Lorsque l'on se rend de l'isba construite sur le flanc sud-ouest du Koswinsky au Pharkowsky-Ouwal en marchant directement vers l'ouest, on descend d'abord quelque peu dans la dépression dont nous avons déjà parlé pour remonter bientôt, et arriver au pied du flanc oriental de l'arête rocheuse du Pharkowsky-Ouwal. A une faible distance de l'isba construite, elle, sur la koswite, on trouve dans la forêt à la cote 700 à 720 mètres environ, quelques pointements de roche en place, formés par une variété mélanocrate, quelque peu feldspathique, qui appartient, comme nous le verrons à la catégorie des gabbros à olivine; de là jusque sur l'arête, les rares blocs en place trouvés dans la forêt sont formés par des roches identiques. En suivant l'arête du sud vers le nord, on rencontre sur tous les pitons rocheux qui y affleurent de distance en distance, les mêmes gabbros à grain variable qui paraissent ici nettement lités par dynamo-métamorphisme et plongent de 30° à 35° vers l'est ou mieux vers l'EES. Ces roches, comme la koswite, agissent fortement sur l'aiguille aimantée, par place on les voit traversées par des filons beaucoup plus feldspathiques, paraissant être formés par des diorites leucocrates. Lorsqu'on descend maintenant sur le flanc occidental du Pharkowsky-Ouwal, on trouve les mêmes roches soit en affleurements dans la forêt, soit en blocs épars formant des pierriers; cependant, près de l'extrémité septentrionale et vers la base du flanc occidental, on observe faisant suite aux gabbros, une roche en place identique à celle qui constitue le Sosnowsky-Ouwal. Lorsqu'on revient du Koswinsky depuis l'extrémité nord du Pharkowsky-Ouwal, on traverse à nouveau la dépression qui sépare cette arête de la dite montagne. Les gabbros à olivine se retrouvent jusque dans le voisinage du thalweg qui marque sans doute le contact avec la koswite. A partir de l'extrémité septentrionale du Pharkowsky on perd toute trace de ces gabbros les pointements rocheux faisant défaut, mais il n'est pas douteux que la continuation de ces roches passe à l'est du Sosnowsky-Ouwal.

L'arête appelée Malinky-Ouwal n'est, comme nous l'avons vu, que le prolongement de la précédente vers le sud. Lorsqu'on s'y rend depuis la laverie de la petite

Koswa, on traverse d'abord les marécages qui avoisinent la rivière, puis dès qu'on attaque les premières pentes, on trouve les gabbros à olivine, qui paraissent comme au Pharkowsky-Ouwal, alterner ici avec des roches dépourvues de feldspath, véritables pyroxénites. En suivant alors la crête de l'arête, on rencontre toujours les mêmes roches jusqu'au point où celle-ci se confond insensiblement avec les pentes du Koswinsky. Il est donc évident que la constitution du Malinky-Ouwal est identique à celle du Pharkowsky-Ouwal; la source principale de la rivière Pharkowka coupe donc transversalement toute la formation des gabbros, ce que nous avons d'ailleurs vérifié. De fait, sur le chemin qui mène de la petite Koswa à Sosnowka, on ne rencontre jusqu'au croisement des deux Pharkowka que des gabbros à olivine qui forment des pierriers dans la forêt et plus rarement des affleurements en place.

§ 5. *Les dunites massives au Sosnowsky-Ouwal.*

La constitution géologique du Sosnowsky-Ouwal n'est point, comme on pourrait le croire d'après sa position, identique à celle du Pharkowsky-Ouwal. Lorsqu'on se rend sur cette arête depuis le village de Sosnowka, dès les premières pentes, on trouve dans la forêt des affleurements d'une roche jaunâtre, d'aspect grèseux, donnant des arènes ocreuses et présentant une altération si profonde, que pour avoir de la roche non décomposée il faut souvent en débiter d'énormes blocs. A l'intérieur, au-dessous de la couche superficielle ocreuse, la roche est fraîche, serpentineuse, de couleur vert foncé, translucide sur les bords et d'une homogénéité parfaite. Çà et là, on voit reluire dans la masse quelques petits octaèdres de fer chromé. La roche du Sosnowsky-Ouwal est donc une dunite massive en voie de serpentinisation avancée, qui en tous points est identique à celle de l'éperon du Koswinsky; l'arête dans son ensemble est exclusivement constituée par cette même roche. Nous avons pu nous en convaincre en suivant la crête terminale sur toute sa longueur, puis en explorant ses deux versants, et en examinant un à un les différents pointements rocheux en place dans la forêt, ou à défaut, en faisant creuser en divers endroits des puits de sondage. La petite Sosnowka, ainsi que les deux affluents droits de la grande Sosnowka qui tous deux descendent du flanc occidental du Sosnowsky-Ouwal, ravinent exclusivement les dunites massives, comme on peut le constater soit par les affleurements visibles, soit par un examen scrupuleux des cailloux formant le matériel de leur alluvion ancienne et contemporaine. Cette dunite est également intrusive dans les pyroxénites; on ne voit, il est vrai, pas les contacts immédiats, mais sur le flanc oriental du Sosnowsky-Ouwal, on peut remarquer sur certains affleure-

ments que la dunite empâte des blocs de koswite, phénomène identique à celui que nous avons observé très nettement dans la chaîne du Tilaï.

Le Sosnowsky-Ouwal forme donc comme on le voit une zone de roches éruptives différentes de celles du Pharkowsky-Ouwal, et située plus à l'est; cette zone doit sans doute se terminer en pointe près de l'extrémité septentrionale du flanc occidental du Pharkowsky : nous y avons en effet retrouvé la dunite sous le gabbros, tandis que plus au sud on en perd toute trace sur le dit flanc.

§ 6. *La zone des diabases du Kroutoï-Ouwal.*

L'arête rocheuse et boisée qui forme la rive gauche de la grande Sosnowka, ne ressemble en rien au Pharkowsky ou au Sosnowsky-Ouwal. Les roches qu'on y rencontre sont verdâtres, de couleur plus ou moins claire, de grain généralement très fin. Elles sont extraordinairement compactes et dures, ou d'autres fois schisteuses par dynamo-métamorphisme; dans ce dernier cas, elles simulent à s'y méprendre certains schistes chloriteux de la région. Dans la masse finement grenue, on distingue parfois des petits cristaux porphyriques, puis fréquemment des amas locaux de pyrite. Ces roches appartiennent au groupe des diabases, elles forment une zone étendue qui comprend non seulement le Kroutoï-Ouwal, mais aussi des régions situées fort au delà de ses extrémités aussi bien au nord qu'au sud. En effet, du côté nord, le Kroutoï-Ouwal s'abaisse rapidement vers la rivière Tilaï, la zone des diabases y est coupée en écharpe par la rivière Balchaïa-Sosnowka, dont l'embouchure cependant est située dans les schistes cristallins. Ces mêmes diabases forment le pli de terrain qui sépare les embouchures des deux Sosnowka, on les voit affleurer sur la rive gauche de la Tilaï tout près du confluent de la petite Sosnowka. (Ces roches se trouvent également mêlées aux dunites dans les alluvions anciennes et contemporaines de cette rivière, mais seulement jusqu'à une faible distance en amont de son embouchure.) Entre le confluent de la petite Sosnowka et celui de la rivière Logwinska, on trouve dans le lit même de la rivière Tilaï, des gros blocs de ces diabases qui sont là en place, et qui paraissent grossièrement lités et orientés nord-sud. A quelques mètres en amont de l'embouchure de Logwinska, les schistes cristallins affleurent, il est vrai, sur la rive droite de la Tilaï, mais entre Logwinska et Garéwaïa, on retrouve de nouveau les mêmes diabases en gros blocs verdâtres dans le lit de la Tilaï. La rivière Garéwaïa coupe également près de son embouchure des roches analogues mais litées par dynamo-métamorphisme, qui ressemblent alors singulièrement à des schistes chloriteux. Puis en amont du confluent, on trouve encore sur deux verstes environ des blocs de ces diabases toujours dans le lit de la

rivière Tilaï, et en certains points, en affleurements sur la rive droite. Il est donc évident que du côté du nord la zone des roches vertes du Kroutoï-Ouwal se prolonge fort au delà des deux Sosnowka, elle passe pro parte sur la rive droite de la Tilaï, et doit s'étendre vers l'est au delà du confluent de Garéwaïa.

Du côté sud, les roches du Kroutoï-Ouwal se retrouvent également, mais vu la nature du terrain et les difficultés d'accès, il est impossible de préciser la limite de leur contact avec les gabbros du Pharkowsky-Ouwal; il est en tout cas certain que les mêmes roches affleurent près de l'embouchure de Tzenkowka sur les deux rives de la Koswa, on les retrouve également au confluent de la rivière Malinka-Koswa et nous les avons rencontrées par des puits foncés à une centaine de mètres environ en amont du confluent de Pharkowka : en cet endroit, les diabases étaient amigdaloïdes et chargés de calcite. Au sud de l'embouchure de la petite Koswa on perd toute trace de ces roches.

Lorsqu'on descend sur le flanc oriental du Kroutoï-Ouwal depuis la crête de celui-ci jusqu'au sentier qui conduit de Sosnowka à la petite Koswa, on trouve exclusivement les mêmes diabases, soit sur les quelques rares affleurements visibles dans la forêt, soit par des puits de sondage. Le chemin lui-même, à partir du col qui délimite les deux bassins de la grande Sosnowka et de Pharkowka, est jonché de débris des différentes variétés de ces diabases. Par contre, sur le flanc oriental, à une faible distance au-dessous de la crête, ces roches sont suivies par des schistes cristallins violacés qui plongent vers l'est, et qui sont en tous points analogues à ceux que l'on voit affleurer près de l'embouchure de la grande Sosnowka. Plus à l'ouest, de là jusqu'à la rivière Tilaï, on ne rencontre exclusivement que des schistes chloriteux verdâtres dont nous reparlerons ultérieurement. Comme le sol est très caché par la végétation, il se pourrait qu'il existât dans le Kroutoï-Ouwal, comme d'ailleurs dans le Pharkowsky-Ouwal, des roches différentes de celles que nous avons trouvées en place et qui auraient échappé à nos investigations. Pour le savoir, nous avons examiné une quantité de cailloux de l'alluvion ancienne et contemporaine de la grande Sosnowka. A l'exception d'une porphyrite, très rare d'ailleurs, nous n'avons pas rencontré d'autre roche que celle trouvée en place sur les deux arêtes.

§ 7. *Géologie de la dépression des sources de Logwinska.*

Les trois sources de Logwinska s'amorcent comme nous l'avons vu, sur des points fort différents ; leur cours est entièrement situé dans une région très boisée où l'on chercherait vainement quelques affleurements en place.

Entre le confluent de Logwinska et de Tilaï, et celui du premier affluent venant du Katéchersky-Tilaï, on trouve dans des puits foncés en assez grand nombre, une roche décomposée qui, autant qu'on peut en juger, paraît correspondre aux variétés laminées de diabase du Kroutoï-Ouwal. En remontant maintenant le cours de chaque affluent séparément, on peut observer ce qui suit.

Sur Logwinska-Koswinsky, on trouve quelques affleurements rocheux en place sur la rive gauche, formés par des pyroxénites à grands diallages, analogues à certaines variétés de koswite. Au delà, plus en amont, on ne rencontre plus d'affleurements en place, mais les cailloux de l'alluvion ancienne et contemporaine sont exclusivement constitués par de la dunite, des gabbros à olivine du Pharkowsky, et de la koswite. En montant depuis la rive gauche de Logwinska-Sosnowsky et en suivant la direction du sud-ouest, on rencontre des roches analogues à celles qui affleurent sur les rives, elles entrent directement en contact avec les dunites et le contact lui-même est jalonné par une petite dépression. Il paraît donc évident que les gabbros à olivine et les pyroxénites subordonnées du Pharkowsky-Ouwal passent sur le flanc oriental du Sosnowsky-Ouwal et se continuent sans doute au delà de l'extrémité septentrionale de celui-ci à travers la dépression qui sépare la rivière Tilaï des massifs du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï.

Lorsqu'on suit le cours de l'affluent Logwinska-Koswinsky, on ne voit pas d'affleurements rocheux en place sauf au point où commencent les pentes nord-ouest du Koswinsky. On trouve en cet endroit la koswite qui descend assez bas, mais il n'est pas possible de savoir quelles sont les roches traversées par le lit de cet affluent en aval de ce point. Cependant, le matériel de l'alluvion de cette rivière est exclusivement composé de koswite et de roches du Katéchersky. Ce qui vient d'être dit pour Logwinska Katéchersky-Koswinsky s'applique également à Logwinska Katéchersky-Tilaï, mais l'alluvion renferme en plus les gabbros du Tilaï dont nous parlerons ultérieurement.

§ 8. *Les roches de la ligne de partage et du Kitlimsky-Ouwal.*

Nous avons fait deux excursions distinctes à la ligne de partage. Dans la première, nous avons tout d'abord gravi le Malinky-Ouwal depuis le village de petite Koswa pour gagner de là la ligne de partage par la crête du Malinky-Ouwal. Dans la seconde, nous avons suivi le sillon qui passe dans la forêt, au sud de la rivière.

Dès qu'on quitte la laverie, sur plusieurs verstes, on voit affleurer sur le

chemin quelques bancs de schistes chloriteux toujours très quartzeux et analogues à ceux du Soukhoï-Kamen et des rives de la Koswa, nous en reparlerons ultérieurement. De là jusqu'à la ligne de partage, il est impossible de trouver le moindre affleurement, on ne quitte pas les marécages; par contre, dans le premier itinéraire indiqué, nous avons trouvé dans la forêt, près de la limite de la propriété Lazarew, des blocs de roche d'aspect dioritique, qui appartiennent à la catégorie des gabbros ouralitisés, voire même à celles des euphotides. Ces mêmes roches se retrouvent toujours dans la forêt, mais de l'autre côté de la ligne de partage, sur une assez grande étendue. Elles s'y rencontrent à l'état de blocs plus ou moins arrondis, généralement couverts de mousse et accumulés sur certains points.

Nous avons fait exécuter quelques puits pour nous faire une idée de la nature du sol et voir si les roches qui le constituent sont bien identiques aux blocs trouvés dans la forêt; le premier puits se trouvait à 3 kilomètres environ, au sud-est du col de la ligne de partage, sur une droite passant par celui-ci et le point culminant du Kitlimsky-Ouwal. Le puits a rencontré des roches schisteuses, d'aspect corné, qui sont d'ailleurs absolument identiques à certains débris que l'on trouve sous les racines des grands arbres abattus par le vent. Ces roches ne sont autre chose que des gabbros ouralitisés, laminés par dynamo-métamorphisme, et transformés en amphibolites. Il est à remarquer que nulle part pendant les deux excursions faites à la ligne de partage, nous n'avons trouvé parmi les cailloux épars ou dans les puits, des pyroxénites ou des dunites massives. Il paraît donc certain que la région de la ligne de partage comme d'ailleurs le Kitlimsky-Ouwal, sont formés par des roches ouratilisées appartenant à la famille des gabbros plus ou moins fortement laminées par dynamo-métamorphisme.

§ 9. *La chaîne du Kalpak-Soukogorsky.*

Nous n'avons pas exploré cette chaîne en détail par le fait qu'elle se trouvait en dehors de notre champ d'étude, mais nous avons cependant examiné sommairement le Kalpak et le Sémitchellowietchesky. L'excursion au Kalpak a été faite depuis Kitlim, en montant au sommet par le col qui sépare ces deux montagnes. Dès que l'on quitte la laverie pour pénétrer dans la forêt, on trouve quelques blocs de pyroxénites à olivine qui ressemblent absolument à certaines variétés du Koswinsky ou du Tilaï. Au col même du Kalpak, on trouve les dites pyroxénites en place, ainsi qu'au sommet et sur les flancs de la montagne. Parfois ces pyroxénites s'additionnent un peu de feldspath et passent à des types de gabbros à olivine très basiques;

le Kalpak paraît donc ressembler beaucoup au Koswinsky. Par contre lorsqu'on monte au premier mamelon du Sémitchellowietchesky, on ne rencontre dans la forêt que des blocs de gabbros feldspathiques toujours ouralitisés, parfois très riches en magnétite; cette même roche se retrouve au sommet du mamelon en question. Il paraît donc probable que l'axe même de la chaîne du Kalpak est formé par les pyroxénites, tandis que sur le flanc occidental, on retrouve les gabbros ouralitisés analogues à ceux de la ligne de partage.

CHAPITRE VII

Description des roches du Koswinsky. La koswite.

§ 1. Minéraux constitutifs de la koswite. — § 2. Structure microscopique. — § 3. Phénomènes d'altération et de dynamo-métamorphisme. — § 4. Différentes variétés et formes de passage aux pyroxénites. — § 5. Monographie des types étudiés. — § 6. Composition chimique de la koswite et formule magmatique. — § 7. Place de la koswite dans la classification pétrographique et considérations générales relatives à cette roche.

§ 1. *Minéraux constitutifs de la koswite.*

La koswite est une roche mélanocrate, à structure grenue, formée principalement d'un pyroxène lamellaire réuni à une quantité variable d'olivine et de magnétite. Elle appartient donc à la classe des pyroxénites.

Sous le microscope, les minéraux constitutifs de cette roche sont : les pyroxènes, l'olivine, la hornblende, les spinelles chromifères et la magnétite.

PYROXÈNES

Les pyroxènes de la koswite appartiennent à un groupe spécial qui se rattache à celui du diopside-diallage, mais qui en diffère cependant par certains caractères. Ils

forment toujours l'élément le plus répandu. Les cristaux non terminés, sont d'habitude faiblement allongés selon la zone prismatique; ils présentent les clivages m = (110), rarement les plans de séparation selon h_1 = (100), ceux-ci ne s'observent alors que dans les variétés altérées. Les mâcles selon p = (001) font défaut, ou tout au moins sont rares; les inclusions lamellaires caractéristiques pour le diallage manquent également dans la plupart des cas, sur quelques cristaux cependant on observe des petits grains ou des lamelles opaques intercalées parallèlement au clivage; par contre, certains cristaux renferment des grains assez volumineux de fer oxydulé.

En lames minces, les pyroxènes paraissent incolores ou très légèrement verdâtres sans toutefois présenter de polychroïsme appréciable. Les propriétés optiques, déterminées avec beaucoup de soin sur un grand nombre de cristaux, montrent à l'évidence l'existence de plusieurs types différents dans la même roche. La trace du clivage qui correspond à l'allongement peu marqué est positive; sur g^1 = (010) les extinctions de la vibration positive se font sous des angles compris généralement entre 39° et 43°; le parallélisme des sections g_1 = (010) ayant été rigoureusement vérifié, et les angles d'extinction mesurés à l'oculaire Bertrand, on peut considérer ces mesures comme absolument précises. Les trois indices principaux ont été mesurés sur plusieurs spécimens en prenant des sections d'orientation différente. La précision apportée aux mesures permet d'affirmer l'exactitude des résultats à la troisième décimale, et confirme l'existence de plusieurs types voisins d'ailleurs, ces résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau des indices des pyroxènes de la koswite pour la raie D.

Numéros de la coupe.	Orientation de la section.	N_g	N_m	N_p	N_g-N_p	N_g-N_m	N_m-N_p
8	Sn_m	1,7074	1,6861 / 1,6861	1,6800	0,0274	0,0213	0,0061
	Sn_g	1,7077 / 1,7067	1,6865	1,6796	0,0276	0,0207	0,0069
10	Sn_p	1,7087	1,6889	1,6820 / 1,6830	0,0262	0,0198	0,0064
2	Sn_m	1,7162	1,6951 / 1,6949	1,6896	0,0266	0,0212	0,0054
	Sn_g	1,7165	1,6954			0,0211	
3	Sn_m	1,7176	1,6974 / 1,6975	1,6923	0,0253	0,0202	0,0052

Comme contrôle, plusieurs biréfringences maxima ont été déterminées au compensateur ou au comparateur. Nous avons obtenu les résultats suivants : $n_g - n_p = 0{,}023$, $0{,}024$, $0{,}025$. Ces valeurs concordent avec celles données par la mesure des indices.

Le plan des axes optiques est parallèle à $g_1 = (010)$, la bissectrice aiguë est positive $= n_g$; l'angle des axes optiques a été mesuré directement, soit sur des sections extraites de coupes épaisses et examinées au moyen de l'appareil ordinaire, soit sur des sections orientées perpendiculaires à la bissectrice aiguë, au moyen de la méthode de Mallard. Les résultats de ces mesures sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau de la valeur de l'angle des axes optiques des pyroxènes de la koswite pour la raie D.

Numéros de la coupe.	Méthode employée.	Valeur de 2V observée.	Valeur de 2V calculée.
8	Réticulaire.	56°19′	56°28′
10	id.	57°	59°
2	id.	55 52′	53 30′
3	—	—	53 22′
31	Goniomètre.	59	

On a souvent observé une dispersion dans le sens de $\rho > V$. Les déterminations précédentes montrent donc que les pyroxènes de la koswite présentent des caractères un peu particuliers; la valeur de l'indice les distingue des diopsides proprement dits comme aussi des diallages, et l'angle d'extinction de même que la valeur de l'angle des axes éloigne incontestablement la variété du type augite.

OLIVINE

Ce minéral est généralement très réduit par rapport aux pyroxènes; il se rencontre en grains arrondis, craquelés, d'aspect hyalin, toujours parfaitement incolores. On voit quelquefois des clivages selon $g_1 = (010)$ rarement selon $p = (001)$. Les trois biréfringences mesurées directement ont été trouvées de : $n_g - n_p = 0{,}036$ $n_g - n_m = 0{,}020$ $n_m - n_p = 0{,}016$. Le signe optique est positif, l'angle des axes optiques déterminés pour la lumière jaune a été trouvé de 87°; on observe une dispersion très faible $\rho < V$.

HORNBLENDE

Ce minéral est assez fréquent, mais ne se rencontre jamais en abondance. Il est informe et présente les clivages $m = 110$. Sur $g^1 = 010$ l'extinction de N_g se fait sous un angle de 22 °. Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1 = (010)$, la bissec-

trice aiguë est négative, l'angle 2V n'a pu être mesuré directement, il dépasse certainement 70°. La biréfringence $n_g - n_p = 0{,}023$, quant au polychroïsme, il est toujours faible et se fait comme suit :

n_g = vert sale, vert brunâtre, brun verdâtre.

n_m = brun plus pâle, verdâtre.

n_p = brun jaunâtre très pâle, presque incolore.

SPINELLES CHROMIFÈRES

Ils sont en général peu abondants, et cantonnés dans le voisinage de la magnétite. Ils se présentent en grains d'un vert foncé, presque toujours fissurés, avec un contour irrégulier, généralement anguleux. Les fissures sont de couleur jaunâtre et polarisent sur les bords, le minéral lui-même est parfaitement isotrope, son indice est élevé. Ces grains de spinelles sont généralement petits mais leur présence est très constante.

MAGNÉTITE

Ce minéral est abondant, son rôle dans la structure est important et nous allons l'examiner en parlant de celle-ci.

§ 2. *Structure microscopique.*

La structure de la koswite est très particulière, et fort nouvelle. Cette roche est holocristalline et plus ou moins grossièrement grenue, les pyroxènes et l'olivine sont d'habitude idiomorphes, cependant on voit parfois les cristaux de pyroxène mouler le péridot, on trouve même dans certains cas, des associations pœcilitiques des deux minéraux; il paraît donc à peu près certain que l'olivine est de consolidation antérieure à celle du pyroxène.

La magnétite au contraire est toujours allotriomorphe, et forme un véritable ciment entre les minéraux précités. Elle s'infiltre comme telle dans les interstices laissés vides entre les cristaux de pyroxène et d'olive, et épouse strictement les contours de ceux-ci en dessinant de véritables plages d'aspect souvent cunéiforme, qui simulent absolument les plages de quartz de certains granits ou de certaines pegmatites.

Ces plages sont plus ou moins nombreuses, tantôt localisées spécialement sur certains points, tantôt au contraire distribuées très régulièrement dans la roche ; la structure est alors identique à celle du granit, à cette différence près que dans la koswite, le quartz allotriomorphe du granit est remplacé par de la magnétite. Nous

avons proposé pour cette structure particulière le nom de « structure sidéronitique, » qui rappelle à la fois son analogie avec celle du granit et la présence de la magnétite qui remplace ici le quartz dans cette structure granitique. Cette structure sidéronitique est incontestablement primaire, elle se trouve sur des roches d'une grande fraîcheur où l'olivine et le pyroxène ne montrent pas la plus petite trace d'altération. Ces plages de magnétite emprisonnent toujours quelques grains de spinelle, elles paraissent également être étroitement liées à la hornblende. Celle-ci est probablement primaire, elle ne semble en tout cas nullement résulter d'une ouralitisation ordinaire. En effet, elle frange et circonscrit souvent complètement les plages de magnétite et entre alors directement en contact soit avec l'olivine soit avec le pyroxène, on dirait qu'elle forme en quelque sorte un produit d'exudation du fer oxydulé. Parfois même la hornblende est disposée en plages isolées, en tous points semblables à celles de la magnétite, et reliant comme elle les autres minéraux; ces plages s'éteignent toujours comme un cristal unique, elles renferment souvent à l'intérieur un peu de magnétite à l'état de grains ou d'inclusions. Ces plages de hornblende sont plutôt rares, mais la liaison de ce minéral avec la magnétite est un fait absolument constant.

Kosvite. Coupe n° 2. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 13 diam. P = pyroxène. O = olivine. La coupe montre la structure sidéronitique développée par les plages de magnétite.

§ 3. *Phénomènes d'altération et de dynamo-métamorphisme.*

Les altérations secondaires affectent à des degrés divers les différents minéraux constitutifs. Les pyroxènes présentent dans certains cas une bastitisation qui marche du centre vers la périphérie. Le cristal prend alors un aspect fibrillaire et sa biréfringence devient très faible. Le noyau transformé s'éteint à zéro, tandis que sur les bords le cristal polarise dans les teintes vives et s'éteint sous des angles variables, toujours assez grands; les lamelles de bastite ont un allongement positif, l'extinction se fait à zéro de cet allongement, la biréfringence $n_g n_p$ ne dépasse pas

0,010, il n'existe pas de polychroïsme appréciable. Ces cristaux de pyroxène à centre bastitisé sont très caractéristiques mais plutôt rares.

L'olivine subit deux genres de transformation qui peuvent s'exclure ou coexister; la première consiste en une rubéfaction qui s'effectue le long des craquelures. Il se développe alors un minéral rouge ou jaune foncé, très réfringent également, qui cependant ne se substitue jamais complètement au péridot. La seconde est une serpentinisation qui se fait également par les cassures sous forme de rubans d'antigorite. Les exemples où l'olivine disparaît complètement par suite de cette transformation sont excessivement rares.

Quant aux phénomènes dynamiques qui ont agi d'une manière si intense sur certaines roches voisines du Koswinsky, ils ne paraissent pas avoir exercé une action aussi énergique sur la koswite. La roche est généralement très fraîche et nullement écrasée ou réduite à l'état de brèche microscopique; l'olivine qui, notamment, est très sensible à la compression, est presque toujours indemne.

§ 4. *Différentes variétés et formes de passage aux pyroxénites.*

La koswite par la régression de tel ou tel de ses éléments constitutifs, peut passer à divers types de la même famille. La diminution progressive de la magnétite achemine cette roche vers une pyroxénite à olivine bien caractérisée. On peut observer ce passage sur plusieurs points du Koswinsky, notamment sur le flanc oriental. La magnétite diminue, les plages sidéronitiques deviennent de plus en plus rares, puis ce minéral cesse complètement, et la roche n'est alors seulement composée que de pyroxène et d'olivine. La proportion relative de ces deux minéraux est d'ailleurs assez variable. En principe, le pyroxène prédomine toujours et à ce point de vue la koswite et les variétés qui s'y rattachent sont des pyroxénites et non des péridotites. L'olivine peut cependant devenir très rare et la roche n'est plus alors formée que par du pyroxène quasi compact, ce phénomène s'observe sur certaines variétés largement cristallisées. On trouve cependant quelques koswites qui sont assez riches en olivine, le grain de la roche diminue alors sensiblement, et la magnétite devient abondante. A cet égard, les variétés dans lesquelles on rencontre les nids et des concentrations de ce minéral, sont assez curieuses; elles renferment toujours du péridot et le microscope montre que leurs éléments constitutifs sont comme noyés dans un ciment de fer oxydulé qui l'emporte quantitativement sur eux; la roche présente alors complètement l'aspect de certaines météorites avec lesquelles elle a d'ailleurs de grandes analogies.

§ 5. *Monographie des types étudiés.*

N° 1. Premier puits près du sommet du Koswinsky.

Roche grenue à pyroxène prédominant; diallage incolore, légèrement verdâtre, avec inclusions de magnétite et de péridot; l'angle d'extinction = 46°; la bissectrice aiguë = n_g, 2V = 54° n_g-n_p = 0,025. Quelques inclusions lamellaires dans g^1 = (010). Olivine en grains plus rares, légèrement serpentinisée. Magnétite sidéronitique abondante contenant quelques grains de spinelles.

N° 2. Deuxième puits en descendant du Koswinsky.

Diallage très abondant, avec caractères indiqués; olivine en grains rares. Hornblende brun pâle assez abondante disposée en bordure aux plages de magnétite, ou en plages propres moulant les éléments précédents. Spinelles chromifères abondants de même que la magnétite. Structure sidéronitique typique.

N° 3. Diallage prédominant, moulant par places l'olivine, signe optique positif, n_g-n_p = 0,023, 2V = 54°. Olivine plus rare, très fraîche, craquelée. Magnétite exceptionnellement abondante formant de grosses plages sidéronitiques emprisonnant quelques grains de spinelles chromifères. Très peu de hornblende bordant la magnétite.

N° 4. Quatrième puits en descendant du sommet du Koswinsky.

Pyroxène abondant présentant plusieurs variétés distinctes par leur extinction sur g^1 = (010). Olivine rare, hornblende assez fréquente en plages isolées ou en bordure à la magnétite, structure sidéronitique bien caractérisée.

N° 5. Quatrième puits en descendant du Koswinsky.

Très analogue au précédent, la roche renferme beaucoup de pyroxène très largement cristallisé, présentant des extinctions entre 39° et 42°; l'olivine est rare, la magnétite sidéronitique assez abondante et liée à des spinelles chromifères.

N° 7. Roche en place à cent mètres du dernier puits, en descendant.

Pyroxène prédominant, la variété la plus commune paraît ici voisine du diopside, les extinctions sur g^1 = (010) ne dépassent pas 39° et la biréfringence = 0,026;

dans le diallage quelques inclusions opaques alignées selon les clivages. Olivine réduite, hornblende rare, magnétite sidéronitique ordinaire.

N° 8. Roche en place au sommet de la côte rapide qui domine l'isba.

Cette variété est pauvre en magnétite et passe à la pyroxénite. Le pyroxène se rapproche ici du diallage, l'olivine est toujours rare de même que la hornblende: la magnétite fait défaut, les éléments sont tous idiomorphes.

N° 10. Roche en place au flanc sud du Koswinsky.

Variété très pauvre en magnétite passant également à la pyroxénite. La roche est en grande partie formée par un pyroxène voisin du diallage, et transformé partiellement en bastite. L'olivine est réduite, par contre la hornblende est assez abondante mais se présente sous une forme un peu spéciale; en taches dans le pyroxène, ce qui fait supposer qu'elle est ici d'ouralitisation. Magnétite rare, en petites plages isolées; la structure est presque panidiomorphe grenue.

N° 11. Point coté 1120 mètres sur le flanc sud-est.

Pyroxène avec les caractères ordinaires, olivine plus abondante que dans les échantillons précédents; magnétite en belles plages sidéronitiques enveloppée d'une mince bordure de hornblende verte peu polychroïque.

N° 12. Au flanc sud-est, sur des pitons rocheux en place.

Cette très belle roche peut être prise comme type de la koswite, le pyroxène très abondant y est incolore en lames minces, son extinction ne dépasse pas 43°. L'olivine est hyaline, et plus rare que le pyroxène qui la moule. Peu de hornblende avec les caractères habituels, toujours liée à la magnétite et formant de jolies plages sidéronitiques distribuées régulièrement dans la roche.

N° 13. Même provenance que le numéro précédent.

Pyroxène abondant, bastitisé au centre; olivine assez fréquente en grains ordinaires avec commencement de rubéfaction sur les cassures, peu de hornblende, magnétite sidéronitique ordinaire.

N° 22. Dans la forêt, au-dessus de l'isba à la cote 740 m.

La roche montre le contact de la koswite avec une dunite filonnienne qui la tra-

verse. La koswite est presque entièrement composée de pyroxène plus ou moins bastitisé. L'olivine est rare, la magnétite fait défaut. La structure est panidiomorphe grenue.

N° 24. Roc en place près de l'isba.

Roche très largement cristallisée, le diallage, élément principal, s'éteint en majorité à 41°, l'olivine est beaucoup plus rare, la hornblende brun pâle en plages allotriomorphes présente ses caractères habituels. Magnétite sidéronitique ordinaire.

N° 26. Au point 1060 m., flanc sud-ouest.

Beaucoup de pyroxène, peu d'olivine accumulée sur certains points, magnétite sidéronitique assez abondante bordée par une mince zone de hornblende brunâtre.

N° 29. Flanc nord du Koswinsky, altitude 1140 m.

Cet échantillon se distingue des précédents par une abondance exceptionnelle en olivine, la roche est presque une péridotite. Le diallage s'éteint sur g^1 entre 40° et 42°, la magnétite forme des plages sidéronitiques plutôt rares.

N° 30. Flanc nord, altitude 1240 m.

Pyroxène formant l'élément principal, olivine rare, hornblende très développée toujours associée à la magnétite; elle est très fraîche, et peu polychroïque dans les tons brun pâle. Les plages sidéronitiques de magnétite sont exceptionnellement abondantes dans cette roche, par places elles emprisonnent et isolent complètement certains cristaux de diallage et d'olivine, la structure présente alors une analogie frappante avec celle de certaines météorites.

N° 31. Sur le piton rocheux formant le sommet du Koswinsky.

Diallage toujours prédominant renfermant quelques inclusions opaques parallèles au clivage. Olivine assez abondante aussi, avec un commencement de rubéfaction. Hornblende répandue, en bordure autour des plages sidéronitiques de magnétite. Ce dernier minéral est très abondant et uniformément réparti dans la roche.

N° 132. Flanc est du Koswinsky, près de la limite de la végétation.

Roche pauvre en magnétite, passant à la pyroxénite ordinaire. Pyroxène abondant moulant parfois l'olivine; ce dernier minéral est bien développé quoique inférieur au pyroxène. Il n'y a presque pas de hornblende et la magnétite sidéronitique est fort rare.

N° 1021. Flanc nord-est du Koswinsky, près de la limite de la végétation.

C'est également une forme de passage aux pyroxénites ordinaires. Le diallage est en grands cristaux, il prédomine de beaucoup sur l'olivine. Il n'y a pas de hornblende, la magnétite est rare, elle ne forme plus de plages sidéronitiques, mais par contre, des grains disséminés. La structure est grenue, les éléments sont idiomorphes.

N° 1038. Koswite à l'extrémité du premier prolongement de l'éperon, près du contact avec la dunite.

C'est une véritable pyroxénite à olivine avec diallage peu abondant, olivine rare et magnétite encore plus rare. Les éléments sont idiomorphes et la structure est grenue. Les phénomènes dynamiques sont intenses, les minéraux constitutifs sont broyés et tordus, le diallage est ployé, l'olivine réduite en une brèche esquilleuse, l'échantillon ne renferme pas de hornblende.

N° 1040. Flanc nord du Koswinsky.

C'est une forme de passage aux pyroxénites ordinaires; la roche renferme beaucoup de diallage s'éteignant entre 41° et 44°, peu d'olivine en voie de rubéfaction et d'altération secondaire, pas de magnétite ni de hornblende. La structure est grenue, les éléments idiomorphes.

§ 6. *Composition chimique de la koswite et formule magmatique.*

Les analyses suivantes ont été faites sur un certain nombre d'échantillons qui représentent les principaux types de la koswite.

	N° 2.	N° 7.	N° 10.	N° 28.	N° 31.
SiO_2	41,44	40,15	49,35	43,30	43,20
Fe_2O_3	10,46	12,24	—	6,20	4,80
Al_2O_3	5,80	4,60	2,68	4,89	4,50
Cr_2O_3	0,57	0,58			
FeO	9,93	10,87	7,37	11,66	13,52
MnO	0,05	—	—	—	—
CaO	19,53	17,26	20,36	19,70	19,88
MgO	13,36	15,01	20,00	16,68	13,92
Perte au feu	0,22	0,40	0,60	0,15	0,23
	101,36	101,11	100,36	102,58	100,05

N° 2 et 7. Koswite typique à plages sidéronitiques uniformément réparties.

N° 28 et 31. Koswite déjà plus pauvre en plages sidéronitiques.

N° 10. Passage de la koswite à la pyroxénite: il n'existe pas de plages sidéronitiques.

Les analyses qui précèdent sont éminemment suggestives, elles montrent clairement l'individualité pétrographique de la koswite, caractérisée à la fois par l'abondance des oxydes ferriques et ferreux, puis par la teneur élevée en chaux qui prédomine toujours sur la magnésie, et qui traduit ainsi le caractère essentiellement pyroxénique de la koswite. Il est donc incontestable que cette roche est une véritable pyroxénite et non pas une péridotite, elle s'éloigne donc par sa composition des Harzburgites, Kimberlites, Wehrlites, Lherzolites, etc., comme on peut le voir dans le tableau suivant:

	I	II	III	IV	V
SiO_2	40,15	48,95	41,43	55,52	43,87
Al_2O_3	4,60	5,69	0,04	1,17	1,64
Cr_2O_3	0,58	0,05	0,76	0,42	0,44
Fe_2O_3	12,24	1,20	2,52	6,12	8,96
FeO	10,87	12,11	6,25	—	2,60
MnO	—	0,08	—	—	0,19
CaO	17,26	5,33	0,55	2,23	6,29
MgO	15,01	23,49	43,74	35,85	27,32
Perte au feu	0,40	0,18	4,41		8,72

1. Koswite typique du Koswinsky.

2. Wehrlite red bluff Montana. In: Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre (l'échantillon renferme encore 0,81 TiO_2, 1,58 Na_2O, 0,79 K_2O, 0,12 P_2O_5, 0,16 NiO).

3. Harzburgite Douglas Orégon, loc. cit. (il renferme en outre 0,10 CO_2).

4. Lherzolithe Locana Piémont loc. cit.

5. Lherzolithe Johnny Cake Road. Baltimore loc. cit. (l'échantillon renferme en plus 0,12 TiO_2, 0,50 Na_2O).

La richesse en chaux des pyroxènes, et leur pauvreté relative en alumine, ressort nettement des différentes analyses de la koswite, principalement de celle du n° 10 qui ne renferme pas de magnétite, qui est relativement pauvre en olivine, et qui représente la composition du magma d'où dériverait la koswite par simple adjonc-

tion de fer oxydulé libre dans la roche. Il est à remarquer que la koswite proprement dite est plus alumineuse que la pyroxénite à laquelle elle passe graduellement.

Pour calculer la formule magmatique de la koswite, nous avons pris la moyenne des analyses des N°s 2 et 7 qui sont les spécimens les plus typiques de cette roche.

Moyenne ramené à 100 parties.			Quotients.	
SiO_2	=	40,43	0,673	
Fe_2O_3	=	11,25	0,070	
Al_2O_3	=	5,15	0,050	= 0,123 R_2O_3
Cr_2O_3	=	0,57	0,003	
FeO	=	10,31	0,143	
CaO	=	18,23	0,325	= 0,819 RO
MgO	=	14,06	0,351	
		100,00		

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,12$

Formule magmatique: 5,4 SiO_2 : R_2O_3 : 6,7 RO.

Cette formule s'écarte sensiblement de celle assignée par M. Lœwinson-Lessing aux pyroxénites en général qui, d'après lui, répondent à: 29,6 SiO_2 : R_2O_3 : 29,6 RO, avec un coefficient d'acidité $\alpha = 1,83$. L'écart observé provient sans aucun doute de la forte proportion des oxydes R_2O_3 contenus dans la koswite, due à la présence de la magnétite libre, ce qui entraine nécessairement comme conséquence un abaissement correspondant de la silice et des oxydes RO.

En effet, en calculant tout le Fe_2O_3 comme magnétite, on trouve que dans la koswite ordinaire ce minéral forme environ le 16,33 $^0/_0$. En défalquant cette magnétite de la composition centésimale indiquée ci-dessus, et en calculant le restant sur 100 parties, on obtient alors la composition suivante :

SiO_2	=	48,32
Al_2O_3	=	6,15
Cr_2O_3	=	0,67
FeO	=	6,27
CaO		21,79
MgO	=	16,80
		100,00

Cette composition se rapproche très sensiblement de celle donnée par l'analyse du N° 10, elle représente donc bien le magma de la pyroxénite à laquelle passe la koswite par régression de la magnétite. Sans doute la proportion d'alumine est plus forte dans la moyenne ci-dessus que dans le numéro en question, mais il est probable que la présence de magnétite libre, entraîne comme conséquence une teneur en alumine plus élevée pour le pyroxène. Un argument en faveur de cette manière de voir est donné par l'examen des valeurs des indices de réfraction des différents pyroxènes de la koswite ; on trouve une différence systématique entre les indices mesurés sur les pyroxènes des variétés à structure sidéronitique, et ceux des variétés où la magnétite fait défaut.

Si on calcule la formule magmatique qui correspond à l'analyse du n° 10, on obtient les résultats suivants : 31,4 SiO_2 : R_2O_3 : 40,9 RO.

Cette formule, comme on le voit, se rapproche alors beaucoup plus de celle assignée par M. Lœvinson-Lessing aux pyroxénites typiques, mais la basicité est cependant plus grande. On remarquera également que dans la koswite, le rapport moléculaire CaO : MgO est sensiblement égal à l'unité; ce rapport tombe à 0,7 dans les variétés qui passent à la pyroxénite.

§ 7. *Place de la koswite dans la classification pétrographique et considérations générales relatives à cette roche.*

Il résulte clairement de ce qui vient d'être exposé, que si la koswite au double point de vue minéralogique et géologique a une parenté incontestable avec les pyroxénites, elle n'en forme pas moins une espèce absolument nouvelle, caractérisée aussi bien par sa structure si particulière, que par sa composition magmatique. En effet, si la structure grenue à individus idiomorphes des roches basiques abyssales, est dans une certaine mesure comparable à celle correspondante des roches acides, il n'en est pas moins vrai que la structure granitoïde si importante et si étendue chez ces dernières, n'a pas encore été rencontrée jusqu'ici dans la série basique. La koswite, à cet égard, vient donc combler une lacune; elle représente trait pour trait, au point de vue de la structure, l'équivalent du granit dans la série basique, à cette différence près, toutefois, que le quartz qui, dans le granit, cimente les minéraux constitutifs, représente dans ce dernier l'élément hyperacide ; tandis que, dans la koswite, c'est la magnétite, élément hyperbasique, qui joue le même rôle. Dans les deux cas, le quartz, comme la magnétite, représentent un excédent d'acide ou de base, restés libres après saturation complète des éléments qui entrent dans la composition chimique des minéraux constitutifs de la roche. La structure granitoïde prend dès lors une généralité beaucoup plus grande, et si on la définit comme résul-

tant de la présence d'un minéral cimentant les autres consolidés avant lui, elle cesse d'être liée à une forme particulière du quartz libre dans une roche acide, et n'est plus l'apanage exclusif de celle-ci, puisque nous voyons la magnétite se comporter de même. Il y a donc un parallélisme complet entre les deux séries basiques et acides des roches de profondeur, au point de vue des structures qu'elles réalisent. Quant à l'origine génétique de cette structure, il n'est nullement prouvé qu'elle soit la même pour les deux séries. Pour les roches acides, les points de fusion des divers minéraux constitutifs tels qu'ils ont été établis par M. Albert Brun[1] dans son récent et remarquable travail, montrent évidemment que le facteur température n'a joué qu'un petit rôle dans la cristallisation des éléments de la roche; ainsi pour le granit, l'ordre de consolidation habituel est le suivant : apatite et zircon, mica noir, plagioclases, orthose et quartz, ce dernier faisant ciment. Or, les points de fusion de ces divers minéraux ne concordent pas du tout avec l'ordre de consolidation observé, comme on peut le voir dans le tableau qui suit :

Minéraux.	Températures de fusion.
Apatite	1550
Oligoclase	1260
Orthose	1270° à 1300
Quartz	1780

Le quartz, comme on le voit, devrait se consolider bien avant l'orthose et les plagioclases, or, c'est l'inverse qui se présente. Il est donc évident que la cristallisation a été due à la présence d'un autre facteur, et M. Albert Brun a montré par une expérience directe, comment on pouvait réaliser la cristallisation des roches acides, et le rôle que jouait l'eau dans cette cristallisation.

Pour la koswite, comme d'ailleurs pour les autres roches basiques, il est beaucoup plus difficile de se prononcer, car les points de fusion des minéraux constitutifs s'échelonnent à peu près dans l'ordre observé pour leur consolidation; nous avons vu en effet que dans la koswite, l'olivine précédait généralement le pyroxène, et que celui-ci était à son tour antérieur à la magnétite; or, les points de fusion donnés par M. Brun pour ces divers minéraux sont les suivants :

Minéraux.	Températures de fusion.
Olivine	1750
Pyroxènes	1210° à 1270
Magnétite	1260
Hornblende	1060

[1] *Archives des sciences physiques et naturelles*, vol. XIII, p. 352.

Sans doute la présence de la structure grenue implique en elle-même celle d'un élément minéralisateur ayant favorisé la cristallisation; mais étant donné ce qui vient d'être dit, il est difficile sinon impossible de préciser la mesure dans laquelle l'action du facteur température est comparable dans la genèse de la consolidation des roches acides et des roches basique-abyssales; il semblerait cependant que pour ces dernières, d'après les indications fournies par les points de fusion et l'examen de l'ordre de consolidation, le facteur température a dû jouer un rôle plus important que pour les premières.

CHAPITRE VIII

Description des roches du Koswinsky.

Les roches filonniennes dans la koswite.

§ 1. Généralités sur la formation filonnienne. — § 2. Les dunites sidéronitiques, minéraux constitutifs, structure. — § 3. Monographie des dunites étudiées. — § 4. Composition chimique et formule magmatique. — § 5. Les diorites-aplites et les plagiaplites, minéraux constitutifs, structure. — § 6. Monographie des types étudiés. — § 7. Composition chimique des diorites-aplites et des plagiaplites. — § 8. Les diorites filonniennes anorthiques. — § 9. Similitude de la formation filonnienne dans la koswite et le granit.

§ 1. *Généralités sur la formation filonnienne.*

Comme nous l'avons indiqué dans la partie géologique de ce travail, la koswite du Koswinsky est traversée en plusieurs points par une double venue filonnienne qui est, l'une, essentiellement basique, l'autre, acide et principalement feldspathique. Rarement, il est vrai, vu l'aspect du terrain, on peut trouver des filons encaissés dans la koswite en place, cependant la nature filonnienne de ces roches ne saurait être mise en doute. Le terme basique est de beaucoup le plus répandu,

il n'est représenté que par des dunites filoniennes qui offrent deux types différents, lesquels se distinguent aussi bien par leur aspect sur le terrain, que sous le microscope et à l'analyse chimique. Le premier, le plus commun, est représenté par des roches vertes toujours plus ou moins serpentineuses, profondément altérées et recouvertes de leur croûte de décomposition jaunâtre; ces dunites ne montrent aucune différence avec les mêmes roches massives dont nous reparlerons plus loin, nous les décrirons par conséquent dans le chapitre qui leur sera consacré. Le second, plus rare, est formé par des roches grenues, d'un vert olive ou encore plus ou moins noirâtre; elles ne s'altèrent jamais aussi profondément et ne subissent qu'une rubéfaction superficielle. Elles sont aussi plus denses que les précédentes, et ne serpentinisent pas de la même façon. C'est exclusivement de ces roches dont il sera question dans le paragraphe qui va suivre.

Le terme plus acide est représenté par des roches aplitiques d'un type spécial, qui feront l'objet d'une étude détaillée.

§ 2. *Les dunites sidéronitiques, minéraux constitutifs, structure.*

Ces roches de couleur toujours foncées, sont en général finement grenues. A l'œil nu, elles paraissent exceptionnellement riches et magnétite, cet élément est associé aux petits grains d'olivine d'une façon qui paraît très régulière, il semble assez uniformément réparti dans la masse. Souvent ces roches paraissent présenter une certaine schistosité, et se débitent en plaquettes. Sous le microscope, les éléments constitutifs de ces dunites sont: l'olivine, la magnétite, les spinelles chromifères, et accidentellement le pyroxène.

OLIVINE

C'est de beaucoup le minéral prépondérant, il se présente en grains idiomorphes à contours généralement arrondis, munis de leurs craquelures caractéristiques. Sur plusieurs de ces grains, on observe le clivage $g^1 = (010)$ assez discontinu. En lumière naturelle, cette olivine est absolument incolore et hyaline. Les indices mesurés directement ont donné les résultats suivants :

Tableau des indices de l'Olivine de la dunite sidéronitique, pour la raie D.

Numéro de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
20	Sn_g	1,7089	1,6899	1,6720	0,0369	0,0190	0,0179
		1,7090					

La biréfringence maxima n_g-n_p mesurée directement au comparateur, a été trouvée de 0,034. Le signe optique est positif, l'angle des axes optiques 2V calculé pour la lumière jaune d'après les indices a été trouvé de 88°, la dispersion $= \rho < \nu$.

D'habitude, lorsque l'olivine est à l'état frais, elle ne renferme pas d'inclusion à l'exception cependant de quelques petits grains opaques d'un minéral ferrugineux toujours très rare, qui est probablement du fer chromé.

PYROXÈNE

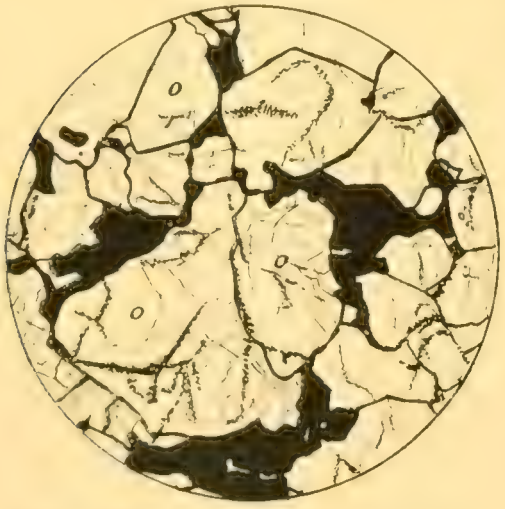
Il est accidentel, on en trouve une ou deux sections seulement par préparation, parfois même il manque complètement. Il est très légèrement verdâtre et paraît répondre entièrement par ses caractères à celui de la koswite.

HORNBLENDE

Elle est également rare, moins cependant que le pyroxène, et toujours liée à la magnétite qu'elle circonscrit; ses caractères optiques sont identiques à ceux du même minéral de la koswite.

MAGNÉTITE

Elle forme de belles et grandes plages sidéronitiques moulant les grains d'olivine. Dans certaines variétés elle est exceptionnellement abondante, la structure de la roche rappelle alors absolument celle de certaines météorites. Ces plages sidéronitiques renferment souvent des grains de spinelle chromifère d'un beau vert foncé, il est à remarquer que lorsqu'elles sont bordées par la hornblende, c'est toujours dans le voisinage immédiat de la koswite.



Dunite sidéronitique. Coupe n° 6. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 13 diam. O = olivine. La coupe montre les plages sidéronitiques de magnétite moulant l'olivine.

ALTÉRATIONS SECONDAIRES

Les phénomènes d'altération consistent en une légère serpentinisation le long des cassures curvilignes, qui a comme conséquence la formation d'une antigorite d'un beau jaune, avec séparation de magnétite secondaire sous forme d'une série de petits grains opaques, qui viennent ainsi souligner les cassures du péridot et y dessiner de véritables petits réseaux ferrugineux. Ces roches n'accusent pas des phénomènes dynamiques intenses, elles sont relativement d'une très grande fraîcheur.

§ 3. *Monographie des dunites étudiées.*

N° 6. Près du quatrième puits en descendant.

Roche noirâtre, finement grenue. Sous le microscope elle est presque entièrement formée par de l'olivine avec les caractères habituels. Beaucoup de magnétite en plages sidéronitiques, avec quelques grains de spinelle. Très peu de hornblende brune entourant certaines plages de magnétite. Quelques cassures serpentineuses soulignées par de l'oxyde de fer.

N° 9. Flanc sud du Koswinsky, à la cote 1080 m.

Roche légèrement schisteuse, plus verdâtre que la précédente. Elle est entièrement formée d'olivine grenue, dont les cristaux idiomorphes se touchent directement. Les plages sidéronitiques sont rares et petites, bien que toujours caractéristiques. Un peu de hornblende sous sa forme habituelle, pas de spinelles chromifères.

N° 26. Flanc sud-ouest du Koswinsky.

L'olivine forme de beaucoup l'élément prépondérant, les cristaux sont réunis par quelques superbes plages sidéronitiques de magnétite avec spinelles chromifères; la coupe renferme un ou deux cristaux de pyroxène.

N° 20. En descendant du sommet, au flanc nord-ouest, point coté 1380 m.

Cet échantillon est en tous points identique au N° 9. La magnétite y devient très rare, sans toutefois quitter sa forme sidéronitique.

N° 27. Dunite, flanc sud-ouest du Koswinsky.

Cette roche grenue, d'un beau vert foncé, est presque entièrement formée d'olivine en grains idiomorphes directement pressés les uns contre les autres; quelques cristaux de diallage avec les caractères habituels. Magnétite rare, en petites plages faisant localement ciment. La roche est serpentinisée sur les cassures. L'antigorite formée est d'un beau jaune d'or.

§ 4. *Composition chimique et formule magmatique.*

Dans l'analyse qui suit, le chrôme n'a pas été séparé de l'alumine, il prédominait cependant de beaucoup dans le mélange des deux oxydes.

Analyse du n° 26.

SiO_2		31,84
Fe_2O_3	=	15,63
Cr_2O_3 / Al_2O_3	=	1,37
FeO	=	14,25
MnO	=	traces
CaO	=	0,91
MgO	=	33,10
Perte au feu	=	2,49
		99,59

Si l'on calcule tout l'oxyde ferrique en magnétite, on trouve que ce minéral forme le 23,2 % de la roche, et si l'on défalque cette magnétite et ramène le restant à 100 parties, on arrive aux chiffres suivants :

SiO_2	=	41,75
Cr_2O_3 / Al_2O_3	=	1,79
CaO	=	1,19
FeO	=	8,60
MgO	=	43,41
Perte au feu	=	3,26
		100.—

Cette composition se rapproche beaucoup, comme nous le verrons, de celle des dunites massives dont il sera question plus loin.

La dunite sidéronitique représente donc un des types les plus basiques connus, sa formule magmatique se déduit des opérations suivantes :

Composition centésimale.			Quotients.	
SiO_2	= 32,79	= 0,546		
Cr_2O_3	= 1,41	= 0,009	0,114 R_2O_2	
Fe_2O_3	= 16,09	= 0,105		
FeO	= 14,68	= 0,203	10,71 RO	
CaO	= 0,95	= 0,016		
MgO	= 34,08	= 0,852		
	100.—			

Coefficient d'acidité $\alpha = 0,79$.

Formule magmatique = 5,4 SiO_2 : 1,1 R_2O_3 10,7 RO.

§ 5. *Les diorites-aplites et les plagiaplites, minéraux constitutifs, structure.*

Nous donnerons le nom de diorites-aplites à des roches filoniennes holocristallines, à structure panidiomorphe grenue, de type toujours leucocrate, qui sont formées par la réunion d'un plagioclase prédominant, avec une hornblende assez rare et disséminée. Ces roches qui peuvent présenter parfois un excès de quartz libre, passent par la disparition presque complète de l'élément noir, à des types formés exclusivement d'un plagioclase grenu avec ou sans quartz, pour lesquels nous avons proposé le nom de plagiaplites.

Sur le terrain, ces deux roches se présentent sous des aspects un peu différents : les diorites-aplites sont toujours à grain fin, de couleur claire, très feldspathiques, l'élément noir y est de petite taille, rare, et très uniformément réparti. Certains spécimens cependant, présentent des « schlieren » basiques très localisés, qui rappellent absolument certains amas d'amphibole rencontrés dans les filons de granulite qui traversent les amphibolites du Mont-Blanc en les résorbant incomplètement. Les plagiaplites sont des roches saccharoïdes à grain généralement plus grossier que les précédentes ; elles sont toujours dépourvues de « schlieren » basiques, et ne renferment que quelques petits cristaux de hornblende, ce minéral peut même manquer complètement. Les plagiaplites restent étroitement liées aux diorites-aplites, mais l'absence ou la grande rareté de l'élément noir, de même que la composition centésimale de ces roches, nécessitaient pour elles une appellation nouvelle.

Les minéraux constitutifs des diorites-aplites et des plagiaplites sont : la hornblende, les plagioclases, le quartz, puis accessoirement le mica noir ou blanc, le sphène et le zircon ; les minéraux secondaires sont : le kaolin, la chlorite, la zoïsite, l'épidote et la calcite.

HORNBLENDE

Ce minéral, qu'il soit rare ou abondant, présente des caractères très uniformes. Il se rencontre en prismes courts, généralement peu colorés, sans contours géométriques, avec les clivages m=(110) ; rarement il existe des mâcles selon $h^1=(100)$; sur $g^1=(010)$, n_g s'éteint à 21°, la bissectrice aiguë $=n_p$, la biréfringence maxima $n_g - n_p = 0{,}023$ (compensateur). Le polychroïsme donne n_g = vert assez pâle, n_m = vert brunâtre, n_p = jaunâtre, presque incolore. On observe fréquemment que le centre des cristaux est plus coloré que la périphérie, la bordure est dans ce cas légèrement plus biréfringente. Dans la hornblende on rencontre encore, mais rarement, quelques inclusions de magnétite, puis il existe parfois des petits grains noirs absolument analogues à ceux que l'on trouve à l'intérieur du diallage.

PLAGIOCLASES

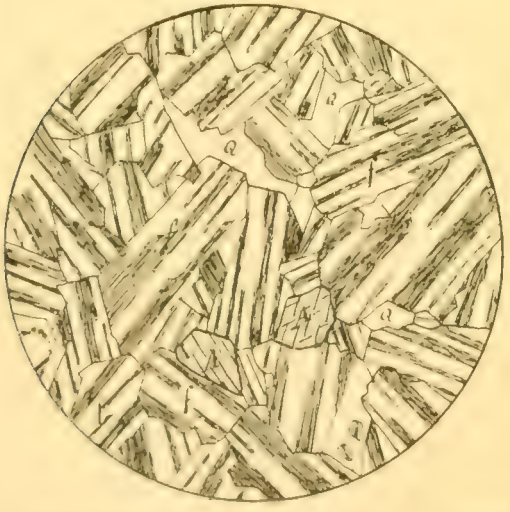
Ils sont dans la règle très fortement kaolinisés, souvent indéterminables. Ils présentent un allongement selon $pg^1 = (001)$ (010), sont mâclés selon l'albite, plus rarement selon la loi de Karlsbad ou encore celle de la péricline. Les cristaux sont zonés, on distingue d'habitude deux ou trois zones au plus. En thèse générale le noyau est toujours plus basique que la périphérie, on y rencontre le labrador $Ab_1 An_1$ ou encore l'andésine basique $Ab_5 An_3$, la bordure est formée par des termes compris entre Ab et l'oligoclase acide Ab_1An_1, la zone intermédiaire enfin est fréquemment de l'oligoclase normal. On ne rencontre jamais d'orthose.

QUARTZ

Il est quantitativement assez variable et peut même manquer complètement. Il se distribue entre les cristaux de feldspath, et forme des petites plages isolées, d'aspect pegmatoïde.

MINÉRAUX ACCESSOIRES

Les minéraux qui viennent ensuite sont généralement rares et ne jouent qu'un rôle très secondaire. Le sphène n'a été rencontré que dans une seule préparation, il en est de même du zircon. Le mica noir est très rare également, une ou deux sections seulement ont été vues dans les types étudiés; le minéral est d'ailleurs toujours complètement chloritisé; quant au mica blanc, il paraît plus fréquent, mais on n'en rencontre qu'une ou deux lamelles par préparation.



Plagiaplite. Coupe nº 1027. Chambre claire. Grossissement = 13 diam. A = amphibole. f = Feldspath. Q = quartz.

MINÉRAUX SECONDAIRES

Parmi les minéraux secondaires, l'épidote est le plus répandu. On en trouve presque toujours un ou deux grains qui sont de couleur jaunâtre en lumière naturelle, et qui parfois affectent la disposition en petites plages allotriomorphes. D'autres fois elle se rencontre à l'état d'inclusion à l'intérieur des feldspaths. L'épidote est presque toujours associée à la zoïsite, ces deux minéraux dessinent souvent un véritable squelette à l'intérieur de certains plagioclases.

La chlorite se rencontre également dans ces roches, elle est peu colorée et à

peine polychroïque, elle semble épigéniser toujours un mica préexistant. Quant au kaolin, il est très répandu et remplit l'intérieur des feldspaths qui perdent ainsi toute trace de lamelles hémitropes. On remarque fréquemment dans une même préparation des plagioclases qui sont entièrement kaolinisés, et d'autres qui restent d'une remarquable fraîcheur. Souvent aussi le centre kaolinisé est chargé d'épidote, tandis que la bordure est absolument fraîche et parfaitement déterminable, ce qui provient sans doute d'une différence primordiale dans la composition, le centre ayant été plus riche en chaux et par conséquent plus facilement altéré.

STRUCTURE

La structure de ces roches est parfaitement grenue, parfois même miarolithique. Les divers éléments sont idiomorphes, et les cristaux feldspathiques pénètrent dans les vides remplis ici par du quartz, qui, par suite de ce phénomène, prend des formes pegmatoïdes. Le quartz peut d'ailleurs manquer totalement, dans ce cas les feldspaths se touchent alors directement par leurs contours. Les différents échantillons examinés ne présentaient pas de traces de phénomènes dynamiques.

§ 6. *Monographie des types étudiés.*

N° 1024. Eboulis au-dessus du col séparant le Koswinsky de l'éperon.

Roche blanche, saccharoïde, à grain moyen, paraissant entièrement feldspathique. A l'œil nu, quelques rares et petites ponctuations d'élément noir; sous le microscope, la roche est presque entièrement composée de plagioclases, on y rencontre en effet deux petites sections de biotite entièrement chloritisée, quelques lamelles de mica blanc, puis un cristal de hornblende. Les plagioclases sont en partie kaolinisés avec quelques lamelles de damourite secondaire.

1° Section Sn_p mâclée selon Ab, $1 = Sn_p$.

Extinction sur $1 = 25°$ / $1' = 27°$ — 43 % An, voisin de l'andésine (de M. Fouqué).

2° Section perpendiculaire à $g^1 = (010)$, zonée, mâclée selon Ab, E = 32 .

Extinction de $a = 23°\,1/2$ en sens inverse de E. — 40 % An, andésine (Fouqué).

Extinction de $b = 4°\,1/2$ » . » » E. — 20 % An, voisin de $Ab_4\,An_1$.

Extinction de $c = 4°\,1/2$ dans le sens de E. — 10 % An, voisin de l'oligoclase albite (Fouqué); a, est perpendiculaire à la bissectrice n_p.

3° Section mâclée selon Ab et K.

Extinction sur $1 = +18°$ sur $2 = -5°$ / $1' = -13$ » $2' = +10°$ — Andésine $Ab_5\,An_3$.

La bordure au contact d'un quartz, a donné $\delta^1 > 0$ $\delta^2 < 0$ = oligoclase de silice.

4° Section mâclée selon Ab et K, perpendiculaire à $g^1 = (010)$.

Extinction sur $11' = 0°$ $1 = 0°$
» » $22' = 30°$ $2' = 15°$ } Labrador Ab_1 An_1.

Les feldspaths sont surchargés de kaolin et renferment quelques grains d'épidote. Quartz assez abondant, en petites plages cunéiformes remplissant les interstices laissés vides entre les cristaux de plagioclase.

N° 1025. Plagiaplite même localité.

Cette roche est absolument identique au numéro précédent, sous le microscope on observe une seule petite section de hornblende d'un vert très pâle, puis une ou deux petites lamelles de mica blanc. Les plagioclases sont assez frais.

1° Section mâclée selon Ab et K perpendiculaire à $g^1 = (010)$.

Extinction sur $11' = 24°$ $1 = 12°$
$22' = 32°$ $2' = 16°$ } = Andésine Ab_5 An_3.

2° Section $g^1 = (010)$ zonée $E = 37°$.

Extinction sur a = — 5°. — 36 % An, Andésine Ab_5 An_3.
b = 0°. — 30 % An, Entre Ab_3 An_1 et Ab_5 An_3.

3° Section mâclée selon Ab perpendiculaire à $g^1 = (010)$, zonée, $E = 36°$.

Extinction sur a, $Sn_p = 20°$ en sens inverse de E. — 38 % An, voisin de l'andésine (Fouqué.)
b = 15° » » » E. — 34 % An, Andésine Ab_5 An_3.

Quartz faisant ciment entre les plagioclases. Un peu d'épidote secondaire.

N° 1026. Plagiaplite, même provenance.

Roche blanche, très semblable aux précédentes. Sous le microscope, pas d'élément noir à l'exception d'une seule section de hornblende. Un grain de sphène et un de zircon. Feldspath très abondant.

1° Section $g^1 = (010)$.

Extinction de n_p, à — 7°. — 37 % An, Andésine voisin de Ab_5 An_3.

2° Section zonée mâclée selon Ab, perpendiculaire à $g^1 = (010)$. $E = 20°$.

Extinction sur a = 7° en sens inverse de E. — 30 à 40 % An, voisin de Ab_5 An_3.
b = 0° » » de E. — 10 à 20 % An, Oligoclase.

3° Section zonée mâclée selon Ab. $E = 41$.

Extinction sur a = 14° en sens inverse — 30 à 50 % An.
b = 5° » » — 10 à 20 % An.

4° Section $g^1 = (010)$.

Extinction de $n_p = -10°$. — 42 % de An = Andésine (Fouqué). Peu de quartz sous la forme habituelle, un peu de chlorite, puis de l'épidote et de la zoïsite.

N° 1027. Plagiaplite même localité.

Absolument identique au numéro précédent, mais plus pauvre en quartz; les feldspaths sont complètement kaolinisés et indéterminables.

N° 1028. Diorite-aplite même localité.

Roche leucocrate, à grain fin, pauvre en éléments noirs uniformément distribués dans la masse. Au microscope, la hornblende présente quelques rares sections peu colorées à caractères optiques ordinaires, les plagioclases complètement kaolinisés sont indéterminables. Le quartz est rare et forme quelques petites plages qui relient les feldspaths.

N° 16. Diorite-aplite, flanc sud-est du Koswinsky.

Cette roche représente un fragment d'une traînée mélanocrate, qui, sous le microscope, semble formée en parties presque égales de hornblende et de feldspath. La hornblende est toujours peu colorée et garde les mêmes caractères optiques, son extinction est de 21°, sa biréfringence $n_g - n_p = 0{,}023$, bissectrice aiguë n_g, polychroïsme = n_g vert pâle, n_p presque incolore. Les feldspaths sont indéterminables et remplacés par des plages polarisant en agrégats, formées par du kaolin et quelques paillettes de damourite. Il n'existe pas de quartz à l'état libre, la structure est grenue.

N° 17. Ce numéro est un fragment de la roche leucocrate dans laquelle se trouvait le N° 16. Elle est très feldspathique, et composée des mêmes éléments; le quartz y apparait sous la forme habituelle. Les plagioclases sont entièrement kaolinisés et indéterminables.

N° 18. Diorite-aplite, même provenance.

C'est une roche leucocrate, l'élément noir est de petite taille uniformément répartis dans la masse. Sous le microscope, on observe quelques sections de hornblende avec les caractères habituels, elles renferment des inclusions de magnétite primaire. Les feldspaths sont entièrement kaolinisés; quelques lamelles encore visibles donnent pour les extinctions des chiffres qui se rapportent aux variétés indiquées précédemment. Quartz en plages cunéiformes qui ressoude les éléments.

19. Plagiaplite, même provenance.

Cette roche à grain fin paraît exclusivement feldspathique, elle ne renferme, en effet qu'un ou deux petits mouchetages d'élément noir. Les feldspaths y sont complètement kaolinisés et indéterminables. Le quartz, fort rare, ne constitue que quelques plages isolées entre les feldspaths.

§ 7. *Composition chimique des diorites-aplites et des plagiaplites.*

Les analyses suivantes montrent la composition de ces différentes roches et leur analogie chimique.

	N° 18	N° 19	N° 1024	N° 1028
SiO_2	56,87	56,65	62,00	60,42
Al_2O_3	25,62	25,59	22,71	23,38
Fe_2O_3		0,57	0,85	0,52
CaO	9,55	8,22	7,12	7,68
MgO	0,66	0,34	0,21	0,36
K_2O	0,81	0,25	0,43	0,48
Na_2O	6,18	6,62	6,70	6,93
Perte au feu	1,79	2,38	1,38	1,81
	101,48	100,62	101,40	101,58

N° 18. = Diorite-aplite leucocrate.

N° 19. = Plagiaplite très pauvre en quartz et en élément noir.

N° 1024. = Plagiaplite quartzifère.

N° 1028. = Diorite-aplite leucocrate et quartzifère, très analogue aux numéros précédents.

Les analyses de ces roches montrent l'incontestable parenté qui lie les diorites-aplites avec les plagiaplites, c'est là évidemment l'expression d'un magma feldspathique presque pur, qui, dans les diorites-aplites, devient légèrement plus basique par l'apparition de l'amphibole. En effet, les analyses des n°s 18 et 19 correspondent à de l'andésine presque pure, il en est de même des n°s 1024 et 1028 qui sont plus acides et rappellent déjà mieux les oligoclases basiques. Il n'est pas impossible d'ailleurs que la hornblende soit purement accidentelle dans ces roches, et que les filons aient

été primitivement exclusivement feldspathiques, l'amphibole proviendrait alors d'un pyroxène pris au passage, et transformé subséquemment en amphibole. Pour calculer la formule magmatique de ces plagiaplites, nous avons pris la moyenne des quatre analyses ci-dessus :

Moyenne ramenée à 100 parties.		Quotients.		
SiO_2 =	59,48	0,9913		
Al_2O_3 =	24,10	0,2362	0,2403 R_2O_3	
Fe_2O_3 =	0,66	0,0041		
CaO =	8,21	0,1466	0,155 RO	0,2691 R_2O+RO
MgO =	0,39	0,0097		
K_2O =	0,49	0,0052	0,1128 R_2O	
Na_2O =	6,67	0,1076		
	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1.99$.

Rapport R_2O : RO = 1 : 1,38.

Formule magmatique = : 4,12 SiO_2 : R_2O_3 : 1,12 RO.

Ce magma est, comme on peut le voir, assez particulier; celui dont il se rapprocherait le plus serait le magma trachy-andésitique répondant à la formule :

4,46 SiO_2 : R_2O_3 . 1,4 RO avec $\alpha = 1.79$ et R_2O : RO = 1 : 1,1.

§ 8. *Les diorites filonniennes anorthiques.*

Sur le flanc sud du Koswinsky, nous avons rencontré parmi les blocs de koswite quelques menus débris d'une roche fort différente des précédentes qui, sans doute est filonnienne aussi, et présente une analogie frappante avec d'autres roches qui traversent la dunite massive et dont nous reparlerons ultérieurement. Ces roches sont mélanocrates et paraissent très riches en hornblende, elles doivent exister en très petits filons, comme le laisse penser leur rareté, ainsi que la petitesse des cailloux rencontrés. Sous le microscope, cette roche est formée de magnétite, de hornblende et de plagioclase basique.

MAGNÉTITE

Elle est très abondante, et se rencontre quelquefois à l'intérieur de la hornblende, mais rarement. Elle forme plutôt de petites plages sidéronitiques reliant entre eux les cristaux d'amphibole.

HORNBLENDE

Elle se présente en cristaux faiblement allongés selon la zone prismatique; les formes m = (110) et g^1 = (010) sont reconnaissables; les clivages m = (110) sont toujours nets. Les mâcles selon h^1 = (100) sont nombreuses, simples ou multiples. Sur g^1 = (010) l'extinction se fait à 17° ½ de l'allongement positif (Oculaire Calderon); la bissectrice aiguë = n_p, le polychroïsme est intense et donne n_g = brun verdâtre foncé, n_m = brunâtre, n_p = jaunâtre très pâle. Les trois indices principaux ont été mesurés très exactement, les valeurs suivantes ont été trouvées :

Tableau des indices de la hornblende pour la raie D.

Numéro de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p
14	Sn_p	1,6806	1,6701	1,6593	0,0215	0,0105	0,0110
				1,6590			

La valeur calculée de l'angle des axes optiques 2V pour la lumière jaune = 89°; une détermination directe faite au réticule a donné un angle voisin de 90°. Cette hornblende est donc très particulière, elle se distingue de la hornblende ordinaire par la valeur de ses indices qui est plus élevée, tandis que la biréfringence est plus faible, la valeur de 2V est surtout très caractéristique. Nous considérons cette variété d'amphibole comme nouvelle et distinctes de celles connues jusqu'ici.

PLAGIOCLASES

Ils sont toujours fortement altérés et sillonnés par un réseau de craquelures qui ont servi de point de départ à la décomposition. Celle-ci a donné naissance à du kaolin, en laissant des noyaux feldspathiques encore déterminables. Sur les individus mâclés selon l'albite, on a mesuré dans la zone de symétrie des angles oscillant entre 29° et 36°; la section qui donnait le maximum était voisine de la biréfringence maxima, elle ne présentait point de bissectrice en lumière convergente. On peut en conclure par là à l'existence d'un labrador-bytownite, ou d'une anorthite.

STRUCTURE

La structure de ces roches est toujours grenue, le feldspath cristallise dans les interstices du réseau formé par l'enchevêtrement des cristaux de hornblende.

§ 9. *Similitude de la formation filonnienne dans la koswite et le granit.*

Il est intéressant de constater au Koswinsky l'existence simultanée d'une double formation filonnienne représentée par des roches aussi différentes. Les dunites filonniennes jouent évidemment par rapport à la koswite le rôle des aplites ordinaires vis-à-vis du granit; les premières sont l'exagération basique du magma différencié en koswite, les secondes l'exagération acide du magma différencié en granit. Il y a donc une analogie de plus entre les roches basiques et acides de profondeur, et non seulement la structure et le mode de gisement sont les mêmes, mais toutes deux sont encore accompagnées d'une venue filonnienne parfaitement comparable, avec cette différence toutefois que, dans le granit roche acide, le filon est en général plus acide que la roche encaissante, tandis que dans la koswite, roche basique, c'est l'inverse qui a lieu.

Quant à la coexistence au Koswinsky de filons ultrabasiques comme les dunites, avec des filons feldspathiques relativement acides comme les plagiaplites, elle peut paraître singulière de prime abord; elle est cependant absolument comparable à ce que l'on observe dans les massifs granitiques, où à côté de filons aplitiques très acides, il existe des venues lamprophyriques toujours très basiques; il y a ici simplement inversion du phénomène. Cette présence de filons feldspathiques dans une roche aussi basique que la koswite, pourrait peut-être s'expliquer en admettant que la fixation du feldspath, comme minéral constitutif associé aux éléments ferro-magnésiens, n'est possible que dans certaines conditions qui dépendent de la composition du magma. Si ce dernier ne réalise point cette composition, il y a pour ainsi dire incompatibilité, et séparation de l'élément feldspathique sous forme de filons distincts.

CHAPITRE IX

Description des roches du Koswinsky. Les gabbros a olivine du Pharkowsky et du Malinky-Ouwal.

§ 1. Généralités sur les gabbros, minéraux constitutifs, structure, altérations et phénomènes dynamiques. — § 2. Monographie des types étudiés. — § 3. Composition chimique et formule magmatique. — § 4. Les pyroxénites, minéraux, structure, etc. — § 5. Monographie des pyroxénites étudiées.

§ 1. *Généralités sur les gabbros, minéraux constitutifs, structure, altérations et phénomènes dynamiques.*

Les gabbros à olivine qui forment le Pharkowsky et le Malinky-Ouwal, sont des roches foncées, de couleur noirâtre ou verdâtre, toujours fortement mélanocrates bien que l'élément blanc y soit visible à l'œil nu et très uniformément réparti. Le grain de ces roches est généralement fin, on ne rencontre pas de variétés dans lesquelles le diallage est aussi largement cristallisé que dans la koswite. L'olivine n'est d'habitude pas visible à l'œil nu, et indépendamment de leur feldspath, l'aspect de ces roches est bien différent de celui de la koswite. Les minéraux constitutifs de ces gabbros sont : l'apatite, l'olivine, les pyroxènes, le mica brun, la magnétite, puis les plagioclases.

APATITE

Elle est toujours rare et a été rencontrée seulement dans quelques-unes de ces roches. Elle se présente en prismes allongés suivant l'axe principal, dont la dimension n'excède pas 0,3 à 0,4 de mm.

OLIVINE

Ce minéral joue un rôle très subordonné à celui du pyroxène, sa consolidation est antérieure à celle de ce dernier minéral qui la moule manifestement, et qui forme avec elle des associations pœcilitiques dans lesquelles certains individus d'olivine conservent des profils reconnaissables. D'habitude l'olivine se rencontre en grains arrondis et craquelés, transparents et incolores. Elle renferme en inclusion, mais rarement, quelques grains opaques, et d'apparence octaédrique, d'un minéral ferrugineux. Rarement l'olivine présente le clivage $g^1 = (010)$, sa biréfringence maxima n_g-n_p

mesurée directement, a été trouvée de 0,036; l'angle 2V est grand, la bissectrice est positive $= n_g$, la dispersion se fait dans le sens de $\rho < \nu$.

PYROXÈNES

Ceux-ci forment de beaucoup l'élément principal, ils appartiennent à une série de variétés comprises entre le diopside et les diallages-augites. Les cristaux sont fréquemment de dimension supérieure aux autres éléments qui, eux, sont isométriques; ils sont faiblement allongés selon l'axe vertical et ne présentent pas de contours déterminés. Les clivages m = (110) existent toujours, par contre les plans de séparation selon h^1 = (100) font défaut. On observe parfois des mâcles selon p = (001) simples ou formées de plusieurs individus. Les pyroxènes renferment fréquemment des inclusions lamellaires, de couleur brune, translucides, qui présentent la forme de petits parallélogrammes; ces lamelles s'orientent généralement selon deux directions conjuguées, elles peuvent même se grouper dans l'intérieur des cristaux et dessiner alors certains profils qui manquent à l'extérieur du minéral. Au point de vue optique, les pyroxènes en lumière naturelle sont légèrement verdâtres. Sur g^1 = (010) l'extinction varie entre 40° et 45°, les indices de réfraction ont été mesurés directement sur plusieurs spécimens différents, les valeurs suivantes ont été trouvées :

Tableau des indices de réfraction des pyroxènes pour la raie D.

Numero de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
122	Sn_p	1,7204	1,7013	1,6956	0,0250	0,0191	0,0059
		1,7188		1,6952			
122	Sn_g [1]	1,7190	1,6993	1,6961	0,0229	0,0197	0,0032
23	Sn_m	1,7204	1,7002	1,6948	0,256	0,0202	0,0054

Le signe optique est positif, l'angle des axes 2V a été mesuré sur plusieurs spécimens, il varie, de même que les indices, ce qui confirme l'existence simultanée de plusieurs pyroxènes un peu différents:

Numéros des coupes.	Méthode employée.	Angle 2V mesuré.	Angle 2V calculé.
122	Réticule.	59.14	58°8
23	—	—	55

[1] Les mesures sur cette section sont un peu moins bonnes que celles faites sur la section Sn_p, elles ont été faites seulement dans le but de vérifier si la section Sn_g qui a servi à mesurer 2V appartient à la même variété de pyroxène.

On observe une dispersion dans le sens de $\rho > \nu$. Certains de ces pyroxènes ont une structure zonaire ou encore affectent la disposition dite en sablier; ce dernier phénomène est très rare d'ailleurs.

BIOTITE

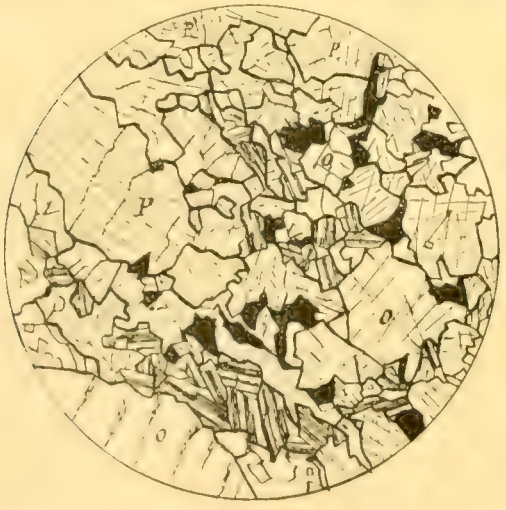
Ce minéral n'est jamais abondant, il se rencontre cependant constamment dans les gabbros et y joue un rôle analogue à celui de la hornblende dans la koswite. Il est étroitement lié à la magnétite qui le borde et le frange toujours. Au point de vue optique, il est rigoureusement uniaxe négatif, l'extinction se fait parallèlement au clivage p = (001), la biréfringence n_g-n_p = 0,04, le polychroïsme est intense et donne n_g = rouge brun très foncé, n_p = jaune brunâtre pâle.

MAGNÉTITE

Cet élément est beaucoup moins répandu que dans la koswite, il forme ici également des petites plages sidéronitiques qui relient les pyroxènes, et qui renferment aussi quelques petits grains de spinelles chromifères.

FELDSPATHS

Les feldspaths sont très réduits dans les gabbros à olivine du Pharkowsky-Ouwal. Parfois ils sont complètement altérés et transformés en kaolin, d'autres fois ils sont très frais et bien déterminables. Ils sont mâclés selon l'albite Karlsbad, puis aussi selon la péricline, dans ce dernier cas la mâcle est simple et rarement combinée à celle de l'albite. De nombreuses déterminations faites sur des sections variées ont montré la présence de termes compris entre le labrador Ab_1 An_1 et l'anortite An, mais les types les plus fréquents sont les labradors basiques ou la bytownite.



Gabbro à olivine. Coupe n° 44. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 22 diam. O = olivine. P = pyroxène. Les feldspaths sont dessinés avec les nicols croisés. La coupe montre la localisation du feldspath dans les cryptes.

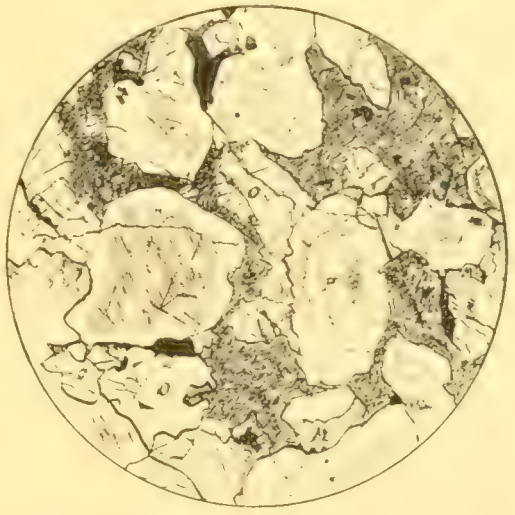
STRUCTURE

Le mode d'agrégation des minéraux constitutifs le plus répandu est le suivant : les éléments ferromagnésiens qui se touchent directement, ou sont reliés localement par des plages de magnétite sidéronitique, laissent entre eux des espèces de cryptes dans lesquelles le feldspath a cristallisé sous forme d'une

masse plus finement grenue, voire même micro-grenue. Plus rarement, le feldspath est uniformément disséminé parmi les minéraux constitutifs; dans ce dernier cas il est souvent de plus petite taille et se présente alors en grains irréguliers; d'autres fois encore les éléments ferro-magnésiens réunis par plages sont disséminés dans une base feldspathique grenue, mais presque toujours complètement kaolinisée.

PHÉNOMÈNES DYNAMIQUES ET ALTÉRATIONS SECONDAIRES

Les phénomènes dynamiques sont très intenses sur certains spécimens, beaucoup moins sur d'autres, ce fait est d'autant plus curieux que la koswite est en général beaucoup moins maltraitée. Les gabbros sont fréquemment écrasés et transformés en brèche microscopique par écrasement de leurs minéraux constitutifs. Souvent les cristaux de pyroxène ou d'olivine sont entourés d'une véritable auréole d'esquilles; puis les feldspaths sont tordus, leurs lamelles hémitropes sont courbées et sinueuses. et leurs extinctions deviennent tellement onduleuses qu'il est souvent impossible d'en faire une détermination précise. Lorsque le dynamo-métamorphisme va plus loin, l'olivine est alors complètement broyée et transformée en une espèce de pâte d'apparence micro-grenue, qui moule et enveloppe les cristaux de diallage fréquemment étirés suivant une direction déterminée. L'aspect de ces variétés rappelle alors singulièrement celui de certains gneiss glandulaires dynamo-métamorphiques, où le quartz joue le même rôle que l'olivine dans les gabbros en question. Lorsque la compression est encore plus forte, le diallage même est atteint, et les cristaux se subdivisent tout d'abord en plusieurs individus orientés optiquement d'une manière différente; puis l'écrasement devenant complet, il est alors impossible de distinguer la structure primitive de la roche.



Gabbro à olivine. Coupe nº 122. Lumière naturelle. Grossissement = 22 diam. O = olivine. P = pyroxène. Mica brun. F = masse feldspathique kaolinisée. La coupe montre les éléments ferro-magnésiens soudés en plages qui sont disséminés dans une masse feldspathique complètement kaolinisée.

Les altérations secondaires consistent principalement dans la kaolinisation complète des plagioclases, qui sont transformés en amas de substance opaque et grisâtre. L'olivine est aussi fréquemment altérée soit par serpentinisation, soit

par rubéfaction ; dans le premier cas il y a séparation de produits ferrugineux sous forme de ponctuations.

§ 2. *Monographie des types étudiés.*

N° 21. Au sud-sud-est de l'isba. Roche en place dans la forêt, cote 740 m.

Roche noire, peu feldspathique. Au microscope, on y trouve un peu d'apatite libre ou en inclusions dans l'élément noir. Olivine rare, en grains arrondis et hyalins, avec commencement de serpentinisation et de rubéfaction secondaire. Beaucoup de pyroxène en cristaux vert pâle, volumineux, renfermant des inclusions opaques et de la magnétite, extinction sur $g^1 = (010) = 46°$. Magnétite en petites plages sidéronitiques soudant les pyroxènes et l'olivine. Peu de mica rouge enveloppant les plages de fer oxydulé et toujours sous sa dépendance immédiate. Feldspath plutôt rare en partie altéré.

1° Section mâclée selon Ab et K, perpendiculaire à $g^1 = (010)$

Extinction de 1 $1' = 19°$ $1 = 9° \frac{1}{2}$ /
id. $2\ 2' = 55°$ $2 = 27° \frac{1}{2}$ \ = Labrador $Ab_1\ An_1$,

1 est voisin de la biréfringence maxima. 2 est voisin de Sn_p.

2° Section mâclée selon Ab et K.

Extinction de 1 $= -19°$ $2 = +25°$ /
$1'$ $+16$ $2' = -22$ \ = Labrador $Ab_1\ An_1$

La structure est cryptique, le feldspath grenu cristallise dans les vides existant entre les plages d'éléments ferro-magnésiens.

N° 22. Dans la dépression entre le Koswinsky et le Pharkowsky-Ouwal, au sud de l'isba.

Olivine assez rare; pyroxène abondant, riche en inclusions, présentant localement des associations pœcilitiques avec l'olivine. Quelques mâcles selon $p = (001)$, l'extinction sur $g^1 = (010)$ de 43°. Magnétite en petites plages sidéronitiques avec quelques spinelles chromifères. Mica rouge abondant, toujours lié à la magnétite. Plagioclase rare, très frais sur certains points, complètement kaolinisé sur d'autres. La variété se rattache au labrador. Phénomènes dynamiques intenses, structure d'écrasement (Mörtelstructur) manifeste.

N° 23. Flanc oriental de l'extrémité sud du Pharkowsky-Ouwal.

Peu d'olivine libre ou en association pœcilitique avec le pyroxène. Elle est en partie rubéfiée par les actions secondaires. Pyroxène en cristaux nombreux, riche

en inclusions lamellaires, extinction = 45°. Magnétite en plages sidéronitiques soudant les éléments ferro-magnésiens et bordée de mica rouge. Feldspath assez rare.

1° Section Sn_g bissectrice aiguë.

Extinction de n_p à $-38° = 68\,\%$ An, voisine de la bytownite.

2° Section mâclée selon Ab perpendiculaire à $g^1 = (010)$.

Extinction de 1 $1' = 54°$ $1 = 27 =$ labrador Ab_1 An_1.

Sur 1 bissectrice n_p non centrée. Phénomènes dynamiques intenses, les feldspaths sont broyés et transformés en brèche micro-grenue, leurs lamelles sont tordues et leurs extinctions onduleuses.

N° 32. Pharkowsky-Ouwal près de l'extrémité sud.

Cette roche est anisométrique, le pyroxène s'y développe en cristaux plus grands que les autres, à contours irréguliers, sans forme cristallographique nette. Il renferme de la magnétite et quelques inclusions lamellaires. L'olivine se présente également en grands cristaux avec caractères ordinaires. Ces deux minéraux sont disséminés dans une masse panidiomorphe grenue avec pyroxène dominant, qui renferme également un peu de feldspath altéré disséminé parmi les autres minéraux. Le feldspath correspond au labrador basique Ab_3 An_4. La roche est très dynamo-métamorphosée.

N° 33. Plus loin, que le n° 32 vers le nord, piton en place sur l'arête.

Cet échantillon est beaucoup plus feldspathique que les types ordinaires; il montre sous le microscope une structure quasi-schisteuse due à l'écrasement des minéraux. Les pyroxènes broyés, de même que l'olivine, sont étirés et s'orientent parallèlement; le feldspath est complètement décomposé et transformé en amas de kaolin.

N° 34. Même endroit, plus au nord.

Cet échantillon très basique passe à la pyroxénite. Diallage en grands cristaux formant des associations pœcilitiques avec l'olivine. Ce dernier minéral est en général écrasé et transformé en brèche esquilleuse qui moule et enveloppe le pyroxène. Les feldspaths sont réduits à quelques taches kaolinisées; l'olivine est en partie serpentinisée, les rubans d'antigorite s'alignent parallèlement et communiquent une certaine structure schisteuse.

N° 39. Flanc oriental de l'extrémité nord du Pharkowsky.

Diallage abondant, emprisonnant des grains d'olivine toujours plus rare.

Magnétite sidéronitique en plages, avec spinelles chromifères, et accompagnée de mica rouge abondant. Feldspath très rare, dispersé irrégulièrement parmi les éléments précédents. Phénomènes dynamiques intenses; les feldspaths sont tordus, la roche est par places complètement écrasée, les grands diallages gisent pêle-mêle dans une brèche d'écrasement d'aspect grenu, formée par les minéraux précédents.

N° 44. Au nord-ouest du point culminant du Pharkowsky.

Gabbro à structure cryptique très caractéristique. Diallage très abondant, légèrement verdâtre, avec inclusions formant des associations pœcilitiques avec l'olivine. Magnétite répandue, en plages sidéronitiques soudant les éléments noirs, toujours liée à la présence du mica rouge. Plagioclase rare, distribué en masse grenue dans les cryptes d'un réseau né de la soudure des éléments ferro-magnésiens par la magnétite sidéronitique. Les extinctions des plagioclases sont roulantes, leurs lamelles tordues; une série de mesures dans la zone de symétrie de l'albite a donné un maximum de 30°; la variété est donc voisine du labrador Ab_1 An_1. Les phénomènes dynamiques sont intenses, la roche montre en plusieurs endroits des zones d'écrasement manifeste.

N° 45. Point culminant du Pharkowsky-Ouwal.

Diallage avec caractères ordinaires, olivine plus rare, magnétite sidéronitique accompagnée de mica rouge. Plagioclase entièrement remplacée par des amas kaolinitiques grisâtres. Dynamo-métamorphisme manifeste.

N° 118. Malinky-Ouwal, première pente, au-dessus des marécages de la petite Koswa.

Diallage abondant, en grands cristaux légèrement verdâtres. Olivine plus répandue que d'habitude, en gros grains craquelés distribués par région et formant avec le pyroxène des plages pœcilitiques. Magnétite plutôt rare, en plages sidéronitiques avec mica rouge. Plagioclase complètement décomposé, transformé en masses polarisant en agrégat. Quelques rubans d'antigorite secondaire.

N° 122. Sur la crête du Malinky-Ouwal.

Type plus feldspathique que les précédents. Diallage en grands cristaux légèrement zonés, présentant parfois la disposition dite en sablier; ils sont surchargés

d'inclusions opaques. Olivine plus rare en grains arrondis et craquelés; magnétite sidéronitique reliant les deux éléments précédents et accompagnée de mica rouge exceptionnellement abondant. Le feldspath forme le ciment général qui relie les éléments ferro-magnésiens; il n'est plus disposé en cryptes comme dans les numéros précédents, mais complètement kaolinisé et indéterminable.

N°s 107, 109, 110 et 111. Chemin de petite Koswa à Sosnowka, dans la forêt.

Ces échantillons, tous semblables, présentent cette particularité que l'olivine y prédomine sur le diallage; les deux minéraux présentent d'ailleurs leurs caractères habituels. La structure est cryptique, les feldspaths sont complètement kaolinisés et transformés en petits amas opaques.

§ 3. *Composition chimique et formule magmatique.*

La composition chimique est donnée par les analyses suivantes :

		N° 22	N° 23	N° 33
SiO_2	=	46,56	46,56	44,39
Al_2O_3	=	9,24	9,70	10,60
Cr_2O_3	=	traces	traces	traces
Fe_2O_3	=	3,92	2,83	3,89
FeO	=	8,69	9,61	11,03
MnO	=	traces	traces	traces
CaO	=	16,09	15,65	17,51
MgO	=	13,85	13,30	10,54
K_2O	=	0,93	0,94	0,53
Na_2O	=	1,52	1,82	1,18
Perte au feu	=	0,36	0,47	0,93
		101,16	100,88	100,60

Les N°s 22 et 23 représentant les gabbros les plus typiques du Pharkowsky-Ouwal, nous avons pris la moyenne de ces deux analyses pour déterminer la formule magmatique, en calculant les résultats sur cent parties.

	Moyenne ramenée à 100 parties.	Quotients.	
SiO_2 =	46,28	0,771	
Al_2O_3 =	9,41	0,092	0,114 R_2O_3.
Fe_2O_3 =	3,36	0,022	
FeO =	9,10	0,126	
CaO =	15,77	0,281	
MgO =	13,49	0,337	0,770 R_2O + RO.
K_2O =	0,93	0,001	0,027 R_2O.
Na_2O =	1,66	0,026	
	100,00		

Coefficient d'acidité α = 1,37.

Rapport des oxydes R_2O : RO = 1 : 28.

Formule magmatique : 6,7 SiO_2 : R_2O_3 : 6,7 RO.

Cette formule comparée à celle de la koswite, montre la liaison évidente qui existe entre les gabbros du Pharkowsky-Ouwal et cette dernière roche ; on peut les considérer toutes deux comme étant très certainement le produit de la différenciation d'un même magma, ce que montre clairement le tableau ci-dessous :

	Koswite.		Gabbro.	
SiO_2 =	40,43		46,28	
Al_2O_3 =	5,15	16,97	9,41	12,77
Fe_2O_3 =	11,25		3,36	
Cr_2O_3 =	0,57		—	
FeO =	10,31		9,10	
CaO =	18,23		15,77	
MgO =	14,06		13,49	
K_2O =	—		0,93	
Na_2O =	—		1,66	
	100,00		100,00	

FORMULES MAGMATIQUES

Koswite : 5,4 SiO_2 : R_2O_3 : 6,7 RO γ = 1,12.

Gabbro : 6,7 SiO_2 : R_2O_3 : 6,7 RO α = 1,37.

Le gabbro, comme on pouvait s'y attendre est un peu plus acide, mais les traits les plus caractéristiques de la composition chimique comme par exemple la

prédominance de la chaux sur la magnésie restent les mêmes dans les deux roches. Le rapport moléculaire de CaO : MgO est en effet de 1 dans la première de ces roches, de 0,8 dans la seconde et de 0,7 dans les variétés de koswite passant à la pyroxénite. Sans doute, dans le gabbro, l'alumine remplace une partie de l'oxyde ferrique de la koswite; mais tandis que dans celle-ci l'oxyde de fer reste libre à l'état de magnétite, dans les gabbros l'alumine est feldspathisée sous forme de labrador basique ou d'anorthite. Il est intéressant de constater la présence constante de la potasse en quantité appréciable dans ces roches; vu l'absence complète de l'orthose il faut admettre que cet élément se trouve fixé dans des plagioclases calco-sodiques d'une grande basicité; ce phénomène est d'ailleurs conforme à ce que nous avons observé dans une foule d'autres cas. Les gabbros du Pharkowsky-Ouwal appartiennent en tous cas aux types les plus basiques connus, et se rattachent étroitement aux pyroxénites typiques par des variétés qui ne renferment que quelques grains de feldspath. Les roches du Pharkowsky-Ouwal rappellent beaucoup certaines variétés décrites récemment par M. Lœwinson-Lessing et rencontrées par lui au Daneskin-Kamen; nous en donnerons la composition et la formule magmatique comme terme de comparaison :

Analyse du gabbro du Daneskin-Kamen.			Quotients.	
SiO_2	=	46,15	0,765	
Al_2O_3	=	13,57	0,132	0,154 R_2O_3
Fe_2O_3	=	3,61	0,022	
FeO	=	8,15	0,113	0,697 RO.
CaO	=	15,15	0,270	
MgO	=	12,63	0,314	0,717 R_2O + RO.
Na_2O	=	1,29	0,020	
		100,55		

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,29$.
Rapport des oxydes R_2O : RO 1 : 34.
Formule magmatique 4,7 RO : R_2O_3 : 4,9 SiO_2.

§. 4. *Les pyroxénites, minéraux, structure, etc.*

Comme nous l'avons déjà indiqué, les gabbros du Pharkowsky-Ouwal alternent fréquemment avec des pyroxénites auxquelles ils passent par des variétés presque dépourvues de feldspath. Ces pyroxénites sont des roches noirâtres ou verdâtres

qui ressemblent parfois beaucoup à la koswite, mais sont généralement plus finement grenues. Les minéraux constitutifs en sont : l'olivine, le pyroxène, le mica rouge et les spinelles chromifères.

OLIVINE

Ce minéral est toujours en moindre quantité que le pyroxène, il est idiomorphe et de consolidation antérieure au diallage qui le moule et forme souvent avec lui des associations pœcilitiques. Il se présente sous les caractères habituels, en grains arrondis, craquelés et incolores, ayant les propriétés optiques ordinaires de ce minéral. Rarement l'olivine renferme des inclusions de minéraux ferrugineux opaques d'origine primaire.

PYROXÈNE

Les pyroxènes affectent dans ces pyroxénites des caractères assez différents. Ils sont parfois de grande taille, lamellaires, grisâtres, et présentent à côté des clivages m = (110) quelques plans de séparation $g^1 = (010)$, fins et serrés. D'autres fois ils sont très hyalins, de forme raccourcie, verdâtres en lumière naturelle, et ne présentent que les clivages m = (110). Dans ce dernier cas on observe quelquefois des mâcles selon p = (010). Au point de vue optique, les extinctions de n_g sur $g^1 = (001)$ oscillent entre 39° et 48°. L'allongement, lorsqu'il est marqué, est positif, de même que le signe optique, quant à l'angle des axes optiques 2V il oscille entre 53° et 55°. Il est donc probable que nous avons ici une série de termes du groupe diopside-diallage, dont quelques-uns même se rapprochent de l'augite. Généralement les pyroxènes ne renferment pas d'inclusions lamellaires.

MICA ROUGE

Cet élément est excessivement rare et ne se rencontre pour ainsi dire plus dans les pyroxénites, sa présence paraît donc subordonnée à celle du feldspath. Ses caractères sont ceux déjà indiqués, quand il existe, il reste toujours lié au fer oxydulé.

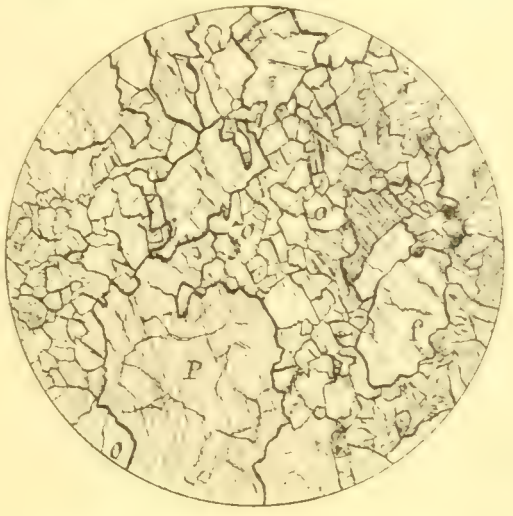
MAGNÉTITE ET SPINELLES CHROMIFÈRES

La magnétite est rare dans la plupart de ces roches ; cependant dans certaines formes de passage avec la koswite elle montre des petites plages sidéronitiques qui renferment un ou deux spinelles d'un vert foncé ; dans les pyroxénites ordinaires on en trouve également quelques petits grains.

STRUCTURE

La structure de ces pyroxénites est d'habitude grenue, les différents minéraux sont idiomorphes sauf chez les variétés qui passent à la koswite, dans lesquelles la

magnétite est allotriomorphe. Fréquemment on observe une différence dans la dimension des minéraux constitutifs, certains d'entre eux s'exagèrent dans une masse grenue, formée par des individus isométriques constitués par les mêmes éléments minéralogiques. Parfois aussi, la roche toujours grenue présente une série de traînées qui alternent d'une façon très irrégulière, les unes formées par des associations grossièrement, les autres finement grenues, des minéraux précités. D'autres fois encore les minéraux constitutifs de grande taille s'agglomèrent par plages qui laissent entre elles des canaux ou des espaces plus ou moins réduits, occupés par une masse panidiomorphe grenue, présentant des minéraux identiques à ceux qui constituent les plages; il n'est d'ailleurs pas aisé de se prononcer sur l'origine de cette masse grenue. Cette structure que l'on observe déjà à l'œil nu sur certaines roches, est fort générale, elle est représentée dans la coupe N° 191 *b*.



Pyroxénite. Coupe n° 191 *b*. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 13 diam. O = olivine. P = pyroxène. Le dessin montre les grands cristaux réunis en plages réparties dans une masse grenue.

PHÉNOMÈNES DYNAMIQUES ET ALTÉRATIONS SECONDAIRES

Les phénomènes dynamiques modifient les pyroxénites aussi complètement que les gabbros. Ils sont très intenses et amènent parfois l'écrasement complet de certaines régions de la roche qui est alors transformée en brèche microscopique. Cette brèche se développe surtout selon certaines cassures ayant fonctionné comme plans de glissement, dans ce cas on voit les zones minces qui jalonnent ces cassures présenter un écrasement complet des minéraux constitutifs.

Quant aux actions secondaires, elles consistent en rubéfaction et serpentinisation de l'olivine; d'habitude le pyroxène est peu modifié, la bastitisation si fréquente dans la koswite fait ici entièrement défaut.

§ 5. *Monographie des pyroxénites étudiées.*

N° 37. Pharkowsky-Ouwal, sur l'arête à la base de l'un des pitons principaux.

Roche verdâtre, à grain moyen, formée en majorité de pyroxène incolore et d'olivine en moins grande quantité. L'extinction du pyroxène se fait à 40°. Ces deux

éléments agglomérés en plages ou aussi en individus isolés, sont distribués irrégulièrement dans une masse panidiomorphe grenue, formée par les mêmes minéraux avec la magnétite en plus. La magnétite est idiomorphe comme les autres éléments.

N° 36. Piton en place sur l'arête près de son extrémité sud.

Cette roche est identique au N° précédent, l'olivine y est beaucoup plus rare, par contre la magnétite est plus abondante et par place s'y dispose en plages sidéronitiques qui contiennent quelques spinelles chromifères. C'est une forme de passage à la koswite. On trouve aussi dans cette roche quelques rares lamelles de mica rouge toujours lié au fer oxydulé. La structure est la même que précédemment mais les éléments sont presque isométriques, la masse intermédiaire plus finement grenue disparaît presque entièrement.

N° 43. Extrémité nord-ouest du Pharkowsky-Ouwal.

La composition de cette pyroxénite est semblable à celle du n° 36. Le pyroxène est prédominant et s'éteint à 42°, l'olivine est localement moulée par lui. La magnétite est rare, en petits grains disséminés parmi les deux minéraux précédents. La structure est analogue à celle du N° 38, la roche présente une zone d'écrasement manifeste avec développement d'une brèche esquilleuse le long des fractures.

N° 107. Flanc est du Malinky-Ouwal.

Roche à éléments isométriques, à grain plutôt fin, formée par du diallage prépondérant, de l'olivine plus rare, et de la magnétite très réduite calée en petits grains entre les éléments précédents. On trouve également un peu de mica rouge et quelques petits grains de pléonaste, puis de l'hématite secondaire. Phénomènes dynamiques intenses, l'olivine est broyée par places, le diallage écrasé, les lignes d'écrasement jalonnées par une brèche esquilleuse.

N° 120. Piton en place dans la forêt, Malinky-Ouwal.

Roche panidiomorphe grenue, formée par du pyroxène, de l'olivine et de la magnétite; le pyroxène s'éteint sous un angle de 48°, la variété est probablement augitique. Magnétite rare formant des grains idiomorphes ou des petites plages sidéronitiques.

N° 183. Berge de Logwinska-Sosnowsky, en place.

Roche largement cristallisée, verdâtre, avec un diallage de grande taille paraissant à l'œil nu former la roche à lui tout seul. Sous le microscope ce diallage pré-

sente un clivage m = (110) parfait, ses propriétés optiques sont normales, il englobe quelques gros cristaux d'olivine généralement altérés. Le diallage subit un commencement d'ouralitisation, il se marbre de facules d'un vert pâle formées par une amphibole très faiblement polychroïque avec n_g = vert pâle, n_p = incolore.

N° 184. Roche en place, berge de Logwinska.

Elle est identique à la précédente et composée comme elle de grands cristaux de diallage fréquemment mâclés selon p, et d'un peu d'olivine; la magnétite fait complètement défaut. La roche est dynamo-métamorphosée, l'olivine est fréquemment écrasée entre les cristaux de diallage qui restent indemnes.

N° 190. Première pente en montant des berges de Logwinska contre le Pharkowsky-Ouwal.

Cette roche de couleur verte est largement cristallisée, et formée par du diallage en grands cristaux, joints à de l'olivine en moindre quantité. La magnétite est ici très rare. Les minéraux précités en cristaux isolés ou réunis en plages, sont disséminés dans une masse panidiomorphe grenue grossière, formée par les mêmes minéraux.

N° 191 a. Roche en place un peu au-dessus du n° 190.

Cette pyroxénite dont les pyroxènes mesurent plusieurs centimètres, est traversée par des filons dont nous parlerons ultérieurement. Le diallage s'éteint à 45°, il présente un commencement d'altération qui le marbre de taches grisâtres. L'olivine est beaucoup plus rare, craquelée, incolore, souvent écrasée entre les cristaux de pyroxène.

N° 191 b. Au-dessus de 191, en place dans la forêt.

Cet échantillon est absolument semblable au n° 190. Le diallage et l'olivine agrégés en plages, ou en individus automorphes isolés, sont distribués dans une masse panidiomorphe, formée par des grains d'olivine et de pyroxène. La magnétite est très rare dans cette roche, elle paraît secondaire, l'olivine est altérée et rubéfiée par place. Dynamo-métamorphisme manifeste constaté aussi bien pour les gros cristaux que sur la masse grenue qui les réunit, les premiers sont frangés de petites esquilles.

CHAPITRE X

Description des roches du Koswinsky. Roches filonniennes dans les gabbros et les pyroxénites.

§ 1. Les diorites filonniennes leucocrates, minéraux, structure, composition chimique. — § 2. Les pyroxénites filonniennes (micro-pyroxénites), minéraux, structure, etc. — § 3. Les micro-gabbros, minéraux constitutifs, structure, composition chimique et formule magmatique.

§ 1. *Les diorites filonniennes leucocrates, minéraux, structure, composition chimique.*

Nous avons rencontré dans les gabbros et les pyroxénites un certain nombre de roches filonniennes qui traversent cette formation. Vu la nature même du terrain, et les difficultés d'accès, leur trouvaille in situ est assez difficile, mais à en juger par la nature pétrographique des cailloux rencontrés dans l'alluvion de Logwinska-Sosnowsky, ces roches sont assez fréquentes.

Les diorites filonniennes sont des roches leucocrates, grenues, à grain moyen, dans lesquelles l'élément noir semble réparti très uniformément. On les rencontre perçant les gabbros sur la crête même du Pharkowsky-Ouwal, à mi-distance entre les extrémités nord et sud de celui-ci. Sous le microscope, les minéraux constitutifs de cette roche sont les suivants: sphène, zircon, apatite, biotite, muscovite, hornblende, plagioclase et quartz, les minéraux secondaires sont l'épidote et le kaolin.

sphène, zircon, apatite

Le sphène, assez abondant, se présente sous la forme dite en fuseau avec les faces (111) et (112). Il est d'assez petite taille et très légèrement brunâtre en lumière naturelle. Il se rencontre soit à l'état libre, soit à l'état d'inclusions dans divers minéraux, notamment dans la hornblende. Il est très légèrement polychroïque avec n_g = jaune rougeâtre, n_p = jaunâtre plus pâle. Les deux axes optiques sont très rapprochés, l'angle 2V ne dépasse pas 20°, la bissectrice aiguë est positive.

Le zircon forme des grains arrondis, généralement inclus dans la biotite, mais aussi libres dans la roche. Certains d'entre eux montrent les profils (110) et (101): leur signe optique est positif. L'apatite est très rare, ses cristaux allongés et de signe négatif, ne représentent pas de profils reconnaissables.

BIOTITE ET MICA BLANC

La biotite est fort rare, elle renferme des inclusions d'apatite et de zircon, elle est en général complètement chloritisée et indéterminable. On trouve aussi quelques lamelles de mica blanc qui s'éteignent à zéro.

HORNBLENDE

La hornblende est très réduite vis-à-vis des éléments feldspathiques. Ses cristaux sont allongés selon la zone du prisme et présentent les profils $m = (110)$ et $g^1 = (010)$, quelques mâcles selon $h^1 = (100)$. L'allongement est positif, l'extinction se fait à 20°, la bissectrice aiguë est négative; le polychroïsme donne: n_g vert d'herbe, n_m = verdâtre, n_p = jaunâtre pâle. La hornblende renferme quelquefois des très petits cristaux de zircon auréolé.

PLAGIOCLASES

Ils forment de beaucoup l'élément prédominant, et sont toujours décomposés en kaolin et en lamelles de damourite. Ils sont mâclés selon la loi de l'albite, de Karlsbad et de la péricline. Le centre est en général décomposé et remplacé par un amas qui polarise en agrégats, la bordure est toujours fraiche, et formée par un feldspath acide compris généralement entre Ab et Ab_4 An_1, tandis que le centre descend rarement au-dessous de Ab_5 An_3. Plusieurs des cristaux du feldspath présentent sur leur pourtour une auréole avec corrosions micro-pegmatoïdes.

QUARTZ

Il est réduit par rapport au feldspath, et forme le dernier élément consolidé. La structure est grenue, miarolithique, les individus sont idiomorphes mais le quartz remplit les petits vides laissés entre les cristaux des éléments constitutifs.

ACTIONS DYNAMIQUES ET PHÉNOMÈNES SECONDAIRES

La roche ne présente pas d'indices de dynamo-métamorphisme, par contre elle est altérée par les actions secondaires. Cette altération donne naissance à de l'épidote, puis à de la chlorite et du kaolin.

COMPOSITION CHIMIQUE

Analyse du N° 35.

		Analyse du N° 35.	Composition ramenée à 100 parties.	Quotients.			
SiO_2	=	68,19	67,46	1,1243			
Al_2O_3 / Fe_2O_3	=	20,43	20,21	0,1981	R_2O_3		
CaO	=	4,25	4,20	0,0750	0,0872 RO		0,2052 R_2O + RO.
MgO	=	0,50	0,49	0,0122			
K_2O	=	0,89	0,88	0,0093	0,1180 R_2O		
Na_2O	=	6,83	6,76	0,1090			
		101,09	100,00				

Le fer n'a pas été séparé, il était d'ailleurs en très petite quantité dans le mélange des deux oxydes.

Coefficient d'acidité : $\alpha = 2,796$.

Rapport R_2O : RO = 1,34 : 1.

Formule magmatique = 5,67 SiO_2 : R_2O_3 : 1,03 RO.

§ 2. *Les pyroxénites filoniennes (micro-pyroxénites), minéraux, structure, etc.*

Ces roches qui paraissent assez répandues, se rencontrent en petits filons qui traversent les pyroxénites ordinaires. Elles sont très finement grenues, presque aphanitiques, de couleur noirâtre, formées par l'association du pyroxène, de l'olivine et de la magnétite en individus idiomorphes généralement isométriques. Les pyroxènes s'éteignent entre 40° et 45°, il y a sans doute là plusieurs variétés très voisines. La magnétite est assez répandue dans ces roches, elle se présente en petits grains idiomorphes distribués assez régulièrement parmi les autres éléments; la hornblende de même que le mica rouge font régulièrement défaut. Le contact de ces filons minces avec la roche encaissante est toujours franc, mais on observe une diminution manifeste du grain dans le voisinage immédiat de celui-ci; cette zone de contact est d'ailleurs fort mince.

§ 3. *Les micro-gabbros, minéraux constitutifs, structure, composition chimique et formule magmatique.*

Ces roches superbes sont noirâtres, essentiellement mélanocrates. A l'œil nu, elles paraissent formées par une masse finement grenue dans laquelle on distingue des cristaux volumineux d'élément noir développés porphyriquement. Sous le microscope, ces roches sont à deux temps de consolidation distincts.

PHÉNO-CRISTAUX

Les phénocristaux sont abondants par rapport à la pâte, la roche est donc euporphyrique. Ceux-ci sont représentés par les minéraux suivants : pyroxène, olivine, mica rouge et magnétite.

PYROXÈNE

Le pyroxène se présente en cristaux volumineux, avec formes raccourcies; on y reconnaît les profils $h^1 = (100)$, $g^1 = (010)$, $m = 110$, puis $b^{1/2} = (111)$. Les clivages $m = (110)$ sont constants mais discontinus; il n'existe pas de plan de séparation selon $g^1 = (010)$. On observe quelques mâcles simples $h^1 = (100)$, puis plusieurs mâcles par pénétration donnant naissance à des groupements cruciformes. Les cristaux de pyroxène subissent d'énergiques corrosions magmatiques qui en altèrent le pourtour et leur communiquent parfois un aspect squelettique. Ils sont littéralement sursaturés d'inclusions opaques, disposées par zônes concentriques, qui témoignent ainsi d'un accroissement zonaire de ces cristaux. Ces inclusions sont si abondantes qu'elles rendent le pyroxène parfois complètement opaque; aux forts grossissements, on voit qu'elles sont formées par des petites lamelles entrecroisées, et alignées sur deux systèmes conjugués. Sur certains points cet entrecroisement forme un réseau très serré; à côté de ces lamelles on trouve aussi des petits grains noirs opaques, puis des octaèdres formés sans doute par de la magnétite. Les pyroxènes renferment aussi quelques jolis cristaux d'apatite terminés, ce minéral se trouve d'ailleurs dans toute la roche mais en petite quantité.

Micro-pyroxènite. Coupe n° 191 *a*. Lumière naturelle. Grossissement = 13 diam. P = pyroxène. O = olivine. La coupe montre la structure des micro-pyroxènites et le contact avec la pyroxènite encaissante. Il y a diminution manifeste du grain au contact immédiat.

En lumière naturelle, les cristaux de pyroxène sont légèrement brunâtres, leur structure zonée empêche la détermination exacte des indices de réfraction. Sur $g^1 = (010)$ l'extinction se fait sous des angles qui dépassent 45°. Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1 = (010)$, la bissectrice aiguë est positive, l'angle des axes optiques 2V est légèrement supérieur à celui des pyroxènes habituels aux roches du Koswinsky, il atteint 60° environ; le pyroxène paraît donc être une variété qui se rattache au groupe de l'augite.

OLIVINE

Elle est beaucoup plus rare, et ne présente pas de contours géométriques. Ses grains toujours hyalins et craquelés, sont corrodés et informes; les propriétés optiques sont ordinaires. Ce minéral renferme également de la magnétite en inclusions. On trouve aussi jouant le rôle de phénocristaux, des plages formées par la réunion de gros pyroxènes et d'olivine, soudés par de la magnétite sidéronitique. Cette magnétite se trouve aussi en grains isolés dans la pâte et jouant en quelque sorte le rôle de phénocristal.

MICA ROUGE

Ce minéral très fortement coloré et polychroïque, est assez abondant; il entoure souvent d'une auréole les grains de magnétite, et se trouve également dans les plages dont il a été question ci-dessus. L'abondance de ce minéral a permis de vérifier très complètement ses propriétés optiques. Il est rigoureusement uniaxe négatif, s'éteint à 0° du clivage p = (001), sa biréfringence n_g-n_p est très élevée et dépasse 0,04. Le polychroïsme très intense donne : n_g = rouge brun éclatant, n_p = rouge jaunâtre très pâle.

Micro-gabbro. Coupe n° 141. En lumière naturelle. Les feldspaths sont dessinés avec les nicols croisés Grossissement = 13 diam. P = pyroxène. O = olivine. f = feldspath. La coupe montre la structure microgrenue et le caractère particulier du pyroxène.

Il est à remarquer que le feldspath ne se rencontre pas parmi les phénocristaux.

PATE

Celle-ci est holo-cristalline et formée par la réunion d'individus grenus et isométriques de pyroxène, d'olivine, de magnétite, de mica rouge et de plagioclase. Le pyroxène est beaucoup plus abondant que l'olivine toujours rare; il est légèrement verdâtre et renferme des inclusions de magnétite octaédrique qui d'ailleurs est également très répandue dans la pâte et se rencontre aussi bien en inclusions dans le feldspath, qu'à l'état libre entre les minéraux constitutifs de celle-ci. Le mica rouge est assez abondant dans la pâte, il est toujours lié à la magnétite qu'il borde en collerette. Les divers éléments ferro-magnésiens réunis, sont à peu près quantitativement égaux aux feldspaths. Ces derniers, remarquablement frais, sont mâclés selon la loi de l'albite ou aussi suivant la loi de Karlsbad; un

grand nombre de déterminations faites sur des sections variées ont donné les résultats suivants :

1° Section mâclée selon Ab et K, perpendiculairement à $g^1 = (010)$.

Extinction de 1 $1' = 48°$ $1 = 24°$ / — Labrador $Ab_1 An_1$ ou $Ab_3 An_1$.
2 $2' = 8°$ $2 = 4$ \

1 $1' = 32°$ $1 = 16°$ / — Labrador $Ab_1 An_1$.
2 $2' = 52°$ $2 = 26°$ \

2° Section mâclée selon Ab, K et P ; $1 = Sn_p$ (mesureapproximative).

1 Sn_p pour $P = -59$ 1 Sn_p pour $Ab = +30°$ 2 pour $K = -14$
$1'$ » $= +60$ $1'$ » $Ab = -33°$ $2'$ » $+ = 16$

Ces caractères coïncident avec ceux du labrador $Ab_1 An_1$.

3° Section mâclée selon Ab et P, $1 = Sn_p$ Bissectrice centrée.

Extinction de 1 Sn_p pour $P = -55°$ 1 pour $A_b = +25°$ / — 43 % An
$1'$ » $= +60°$ $1'$ » $= -28°$ \

voisin de $Ab_1 An_1$.

4° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 27°$ / — 48 % An, voisin de $Ab_1 An_1$.
» $1' = 30°$ \

On voit donc que le plagioclase est représenté principalement par le labrador $Ab_1 An_1$, ce qui est curieux étant donnée la basicité de cette roche.

COMPOSITION CHIMIQUE

Analyse du N° 441.

		Résultats bruts.	Résultats calculés sur 100 parties.	Quotients.		
SiO_2	=	46,56	46,72	0,7787	RO_2.	
Al_2O_3	=	12,33	12,37	0,1213	0,1591 — R_2O_3.	
Fe_2O_3	=	6,02	6,04	0,0378		
FeO	=	7,09	7,12	0,0989	0,6483 — RO	0,6793 — RO + R_2O.
CaO	=	13,18	13,22	0,2361		
MgO	=	12,49	12,53	0,3133		
K_2O	=	0,24	0,24	0,0026	0,0310 — R_2O	
Na_2O	=	1,75	1,76	0,0284		
MnO	=	traces				
Perte au feu	=	0,54				
Total.	.	100,20	100,00			

Ces résultats montrent clairement la parenté incontestable des micro-gabbros-porphyriques avec les gabbros et les péridotites qu'ils traversent.

Coefficient d'acidité : $\alpha = 1{,}34$.

Rapport $R_2O : RO = 1 : 20{,}91$.

Formule magmatique $= 4{,}894\ SiO_2 : R_2O_3 : 4{,}27\ RO$.

CHAPITRE XI

Description des roches du Koswinsky.

Les dunites massives de l'éperon du Koswinsky et du Sosnowsky-Ouwal.

§ 1. Composition minéralogique de la dunite, structure. — § 2. Altérations secondaires et serpentinisation. — § 3. Monographie des types étudiés. — § 4. Composition chimique et formule magmatique.

§ 1. *Composition minéralogique de la dunite, structure.*

Nous avons vu précédemment que les dunites massives forment l'éperon qui termine le Koswinsky, ainsi que le Sosnowsky-Ouval tout entier, et nous avons retrouvé les mêmes roches traversant la koswite en filons étroits soit comme apophyses, soit comme filons isolés. Ces dunites, fort différentes des types sidéronitiques dont il a été question, sont finement grenues, de couleur vert olive ou vert pâle lorsqu'elles sont à l'état frais, ce qui est rare. Dans le cas contraire, chez les variétés serpentineuses, la couleur est foncée et le grain s'atténue; la roche devient alors plus compacte, son éclat est légèrement résineux ou gras, elle n'est cependant jamais tachetée comme c'est le cas pour d'autres serpentines. La composition minéralogique de cette dunite est très monotone, elle ne renferme que du fer chromé et de l'olivine, jamais du pyroxène ni de l'amphibole comme c'est le cas pour les mêmes roches à structure sidéronitique.

FER CHROMÉ

Il se trouve en petits grains de forme octaédrique, inclus dans l'olivine et dispersés très régulièrement dans la roche. En isolant ces petits grains on peut constater qu'ils sont formés par du fer chromé absolument pur. La chromite s'accumule localement en nids assez volumineux, le minerai qui en résulte garde, bien que compact, une structure cristalline. En coupe mince, on distingue dans la masse opaque du fer chromé quelques grains d'olivine hyaline qui y sont emprisonnés. Il est à remarquer que dans le voisinage immédiat de ces concentrations locales, la dunite n'est pas plus riche en fer chromé qu'à l'ordinaire.

OLIVINE

Ce minéral se présente en grains arrondis, idiomorphes, toujours craquelés, avec un clivage $g^1 = (010)$ difficilement visible. Les propriétés optiques en ont été étudiées avec soin pour les comparer avec celles de l'olivine des dunites sidéronitiques. La mesure des indices de réfraction a donné les résultats suivants :

Tableau des indices de l'Olivine de la dunite massive pour la raie D.

Numéro de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1030	Sn_m	1,6896	1,6707 1,6708	1,6543	0,0353	0,0188	0,0165

La biréfringence maxima déterminée au comparateur a été trouvée plusieurs fois de 0,035. L'angle des axes optiques a été mesuré directement, puis calculé par les indices, les résultats suivants ont été obtenus :

Tableau donnant la valeur de l'angle des axes 2V.

N° de la coupe.	Méthode employée.	Angle 2V mesuré.	Angle 2V calculé.
1030	Goniomètre.	83°	86

Le signe optique est positif, on a observé une dispersion qui se fait dans le sens de $\rho < \nu$.

En comparant les valeurs des indices de l'olivine des dunites ordinaires, avec celles trouvées pour l'olivine des dunites sidéronitiques, on remarque que cette dernière est plus réfringente. En effet, la différence pour les trois indices principaux est : pour n_g de 0,0193, pour n_p de 0,0177, pour n_m de 0,0192. Les biréfringences sont également un peu plus fortes pour l'olivine des dunites sidéronitiques, la valeur

de n_g-n_p est pour cette dernière de 0,0369 contre 0,0354 pour l'olivine de la dunite massive. On observe également une augmentation dans la valeur de l'angle des axes optiques: la différence est de + 5° pour l'olivine des variétés sidéronitiques.

STRUCTURE

La structure est grenue, les grains sont idiomorphes, arrondis, et se touchent directement.

Il est à remarquer que dans les dunites, l'ordre de consolidation des minéraux se fait dans le même sens que l'abaissement de leur point de fusion. Le fer chromé, en effet, d'après M. A. Brun, fond à 1850°; il se consolide le premier, tandis que l'olivine qui le moule fond seulement à 1750° d'après le même auteur.

§ 2. *Altérations secondaires et serpentinisation.*

Presque toutes les dunites étudiées sont plus ou moins serpentinisées. Cette serpentinisation commence le long des craquelures de l'olivine, on voit s'y développer des rubans d'abord étroits d'un minéral faiblement biréfringent, dont la couleur est verdâtre ou jaune d'or en lumière naturelle. Ces rubans s'élargissent progressivement, se continuent d'un cristal dans l'autre, et dessinent bientôt un réseau à larges mailles qui découpe toute la roche. Ces rubans présentent fréquemment une espèce de fibrosité transversale qui leur communique un aspect moiré très particulier, ils sont souvent divisés en deux parties symétriques de part et d'autre d'une ligne médiane dessinée par des ponctuations de magnétite. Au point de vue optique, ces rubans sont positifs en long et s'éteignent parallèlement à leur allongement. La biréfringence, toujours très faible, ne dépasse pas 0,009, par places même le minéral serpentineux paraît isotrope et l'on pourrait croire avoir sous les yeux une substance colloïde si la coloration de ces plages isotropes n'était pas, en lumière naturelle, identique à celle des rubans biréfringents. En lumière convergente, ces régions isotropes donnent une croix noire uniaxe très floue, de signe optique négatif. Ces caractères optiques coïncident comme on le voit avec ceux d'une antigorite uniaxe, comme cela est fréquemment le cas. Chez les variétés fortement colorées, on remarque un léger polychroïsme qui se fait comme suit : n_g = verdâtre, n_p = jaune pâle, parfois même jaune d'or. Il est à remarquer que la coloration des rubans d'antigorite peut varier régionalement dans une même coupe; le chrysotile n'a jamais été rencontré.

Lorsque la serpentinisation va plus loin, les grains d'olivine se réduisent à de simples petits noyaux qui peuvent même complètement disparaître par places. Nous

n'avons cependant jamais rencontré de dunite entièrement serpentinisée ; il reste toujours des traces de l'olivine primitive. Les structures que présente l'antigorite sur les points où l'olivine a disparu sont assez variées ; souvent c'est la structure maillée qui prédomine, elle est alors absolument conforme à celle décrite par M. Lacroix. Des rubans plus ou moins minces d'antigorite enveloppent des zones ou nids du même minéral, orientés optiquement d'une manière différente. Généralement les rubans sont beaucoup plus biréfringents que les parties qu'ils circonscrivent, celles-ci sont cependant toujours formées d'antigorite et il n'existe jamais de matière colloïde. Lorsque la structure maillée domine régionalement, certaines plages de la préparation paraissent presque isotropes par suite de la minceur relative des rubans biréfringents par rapport au noyau central quasi isotrope qu'ils enveloppent.

Dunite massive serpentinisée. Coupe nº 706. Lumière naturelle. Grossissement = 22 diam. La coupe montre des noyaux d'olivine disséminés dans la masse serpentineuse due à l'antigorite.

D'autres fois sur les points où l'olivine a disparu, la structure de l'antigorite est bien différente. Les larges rubans de ce minéral se réunissent directement comme des fibres dans un faisceau. Pour une certaine position de la platine du microscope, tous ces faisceaux paraissent également éclairés, et si la plage est assez large pour pouvoir remplir tout le champ visuel, on pourrait penser avoir sous les yeux un seul et même cristal. Dès cependant qu'on tourne légèrement la platine, ces divers rubans s'éclairent d'une façon différente et prennent un aspect moiré qui rappelle beaucoup celui de certaines plages de picrolithe. Dans la majorité des cas cependant, la serpentinisation ne va pas aussi loin, et la structure la plus habituelle est la disposition alvéolaire, dans laquelle les rubans entrecroisés de l'antigorite enveloppent le noyau resté intact de l'olivine.

§ 3. *Monographie des types étudiés.*

Nos 133, 134, 136, 1022 et 1041. Flanc est du Koswinsky, au-dessus du col de l'éperon.

Ces roches bien que filoniennes, sont identiques à la dunite massive, elles ren-

ferment peu de fer chromé en petits octaèdres. L'olivine y est généralement fraîche et la serpentinisation n'est pas avancée. La structure de l'antigorite est ici alvéolaire.

N° 40. Flanc occidental du Sosnowsky-Ouwal, en place dans la forêt.

Dunite massive serpentineuse d'un vert foncé; sous le microscope peu d'octaèdres de fer chromé. La structure dominante est toujours alvéolaire, les rubans d'antigorite sont fréquemment tachetés et soulignés par des granulations ferrugineuses.

N° 41. Flanc est du Sosnowsky-Ouwal.

Cette roche est absolument analogue à la précédente, les grains d'olivine sont arrondis et pressés les uns contre les autres. Le fer chromé est rare, l'antigorite est jaune d'or.

N° 46. Flanc occidental du Pharkowsky-Ouwal.

Cette roche est absolument identique aux N^{os} précédents. L'antigorite est moins colorée que dans le N° 41.

N° 701. Sosnowsky-Ouwal, dans les alluvions de la petite Sosnowka.

Cette roche est absolument fraîche, et formée exclusivement par de l'olivine en grains isométriques, non serpentinisés. Le fer chromé est excessivement rare, on en trouve à peine un octaèdre par préparation.

N° 707. Alluvions de la petite Sosnowska.

Cet échantillon, qui provient également du Sosnowsky-Ouwal, présente au contraire un degré de serpentinisation très avancé. L'olivine est réduite à quelques noyaux, et sur certaines plages de la roche elle a même complètement disparu. L'antigorite, bien développée, prend alors la structure maillée ou celle dite en faisceaux. Il y a presque toujours séparation de produits ferrugineux sous forme de ponctuations. Le fer chromé en petits octaèdres est également très rare.

N° 705. Alluvions de la petite Sosnowka.

La roche est très semblable au N° précédent, l'olivine est réduite à quelques noyaux de forme allongée, comme si la roche avait eu à l'origine une structure parallèle. L'antigorite est légèrement jaunâtre, les octaèdres de fer chromé sont très rares.

N°s 706 et 704. Même provenance.

Cette roche est identique au N° précédent, la serpentinisation y est seulement plus avancée. L'antigorite y présente exclusivement la disposition maillée. Peu de fer chromé.

N°s 1030 et 1034. Dunite massive, crête de l'éperon du Koswinsky.

Cette roche est en tous points semblable à celle du Sosnowsky-Ouwal, elle est formée par des grains idiomorphes d'olivine, avec fissures serpentineuses remplies par une antigorite légèrement polychroïque. Le fer chromé en octaèdres est abondant. Il existe également sur l'éperon du Koswinsky des variétés plus complètement serpentinisées, analogues au N° 707.

§ 4. *Composition chimique des dunites et formule magmatique.*

Analyses.

		N° 133	N° 705	N° 1030
SiO_2	=	36,85	35,41	38,06
Al_2O_3	=	1,53	1,33	0,31
Cr_2O_3				1,39
Fe_2O_3	=	5,60	4,43	6,72
FeO	=	6,65	3,66	5,29
CaO	=	1,09		0,52
MgO	=	42,17	44,05	39,91
Perte au feu	=	6,53	12,28	8,35
		100,42	101,06	100,55

Dans les N°s 133 et 705, le chrome n'a pas été séparé de l'alumine, il formait la presque totalité du mélange.

Ces analyses montrent nettement l'influence de la serpentinisation qui se fait par fixation d'eau, et oxydation partielle du fer ferreux, avec abaissement correspondant de la teneur en silice. Pour avoir la véritable formule magmatique, il faut défalquer l'eau, réduire le Fe_2O_3 en FeO, et calculer sur 100 parties, on obtient alors les résultats suivants :

		Moyenne sur 100 parties.	Quotients.	
SiO_2	=	40,38	0,67	
Al_2O_3	=	1,64	0,01	R_2O_3
Cr_2O_3	=			
FeO	=	11,23	0,15	
MgO	=	46,16	1,15	1,31 RO
CaO	=	0,59	0,01	
		100,00		

Coefficients d'acidité $\alpha = 0{,}98$.

Formule magmatique : 67 SiO_2 : R_2O_3 : 132 RO.

De la composition moyenne indiquée, on déduit que la dunite à l'état frais contient 2,44 % de fer chromé et 97,56 % d'olivine. Il était intéressant de déterminer la composition de celle-ci, ce qui s'obtient facilement en défalquant le fer chromé et en calculant le résultat sur 100 parties. Nous avons également procédé de même pour la dunite sidéronitique, pour comparer la composition chimique de l'olivine dans ces deux roches, les résultats obtenus sont les suivants :

	Olivine de la dunite massive I.	Olivine de la dunite sidéronitique II.
SiO_2 =	41,46	44,40
FeO =	10,73	8,18
MgO =	47,81	47,42
	100,00	100,00

Les formules moléculaires calculées sur les compositions ci-dessus, sont les suivantes :

I. Olivine (dunite massive) : $(Fe_2SiO_4) + 8\,(Mg_2SiO_4)$.

II. Olivine (dunite sidéronitique) : $(Fe_2SiO_4) + 10\,(Mg_2SiO_4)$.

Ces deux formules exigent la composition chimique suivante :

	Calculée pour I.	Différence Δ	Calculée pour II.	Différence Δ
SiO_2 =	40,79	+ 0,68	41,15	+ 3,25
FeO =	10,87	— 0,14	8,98	— 0,80
MgO =	48,34	— 0,53	49,87	— 2,45
	100,00		100,00	

Δ = Différence entre les valeurs observées et celles calculées.

La concordance pour l'olivine de la dunite massive est très satisfaisante, pour celle de la dunite sidéronitique, par contre, elle laisse fort à désirer. Cela vient sans doute de ce que, dans cette dernière, il existe toujours du pyroxène dont on ne peut tenir compte dans le calcul de la formule, ce qui perturbe évidemment les résultats.

CHAPITRE XII

Description des roches du Koswinsky.
Les roches en filons dans la dunite.

§ 1. Généralités sur les roches filonniennes. — § 2. Les granulites filonniennes à plagioclase (plagiaplites micacées). Minéraux, structure, composition et formule magmatique. — § 3. Les albitites, structure, composition chimique. — § 4. Les diorites anorthiques, structure, composition chimique. — § 5. Les wehrlites filonniennes, minéraux, structure, composition chimique. — § 6. Considérations relatives à la formation filonnienne dans son ensemble.

§ 1. *Généralités sur les roches filonniennes.*

Dans la partie qui concerne la géologie du Koswinsky, nous avons montré que la dunite massive de l'éperon qui termine cette montagne vers le nord-est est traversée par des filons excessivement minces de roches appartenant à deux types absolument distincts, l'un acide, essentiellement feldspathique, l'autre basique, riche en éléments ferro-magnésiens. Ces roches filonniennes n'ont pas été rencontrées dans la dunite du Sosnowsky-Ouwal, peut-être cela tient-il à ce que l'accès du terrain est beaucoup plus difficile et les observations rendues très imparfaites par suite de la végétation qui couvre le sol; cependant, les alluvions de la petite Sosnowka dont le cours supérieur est exclusivement encaissé dans la dunite, ne renferment aucune des roches filonniennes trouvées sur l'éperon du Koswinsky; si donc celles-ci existaient en cet endroit, il est vraisemblable qu'on en aurait trouvé des traces dans cette alluvion. Il convient cependant de remarquer que ces filons sont rares et toujours très petits, ce qui peut également expliquer l'absence des roches qui les composent dans les alluvions de la petite Sosnowka.

§ 2. *Les granulites filonniennes à plagioclases (plagiaplites micacées), minéraux, structure, composition et formule magmatique.*

Ces roches se rencontrent en petits filons qui mesurent à peine quelques centimètres. Elles sont blanches, d'un grain plutôt fin, et paraissent à l'œil nu assez riches en lamelles de mica noir. Sous le microscope, les éléments constitutifs en sont : le zircon, la biotite, les plagioclases et le quartz.

ZIRCON

Ce minéral est rare et se rencontre en petits grains arrondis inclus dans le mica noir. Ils y développent des auréoles polychroïques. Les propriétés optiques sont ordinaires, il n'existe généralement pas de profils reconnaissables.

BIOTITE

Elle se présente en petites lamelles dont le contour est fortement corrodé. Les clivages p=(001) y sont rares. Elle est uniaxe négative, l'extinction se fait à zéro du clivage p=(001), la biréfringence n_g-n_p atteint 0,041. Cette biotite est fortement polychroïque, l'absorption se fait comme suit : n_g=brun rougeâtre très foncé, n_p=jaune verdâtre pâle.

PLAGIOCLASES

Ce sont eux qui forment de beaucoup l'élément principal de la roche. Ils sont mâclés selon la loi de l'albite, de la péricline et de Karlsbad. Leurs caractères optiques coïncident avec ceux des termes les plus acides de la série, comme le montrent les déterminations suivantes :

1. Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction de 1 Sn_p pour P = —85°1 pour A_b = +6°
id. 1′ id. = +88°1′ id. = —8° } oligoclase.

2. Section Sn_p mâclée selon Ab, n_p = bissectrice aiguë.

Extinction de 1 Sn_p = 12°
id. 1′ = 13° } = 30^0_0 An, voisin de Ab_3 Am_1.

3. Section Sn_p mâclée selon Ab (1 Sn_p, sur 1, n_p s'éteint du côté de la perpendiculaire au clivage p = (001).

Extinction de 1 Sn_p — 8°
id. 1′ + 10° } = 10^0_0 A_n, entre Ab et Ab_1 Am_1.

4. Série de sections mâclées selon Ab, perpendiculaires à g^1 = (010) 1 = 3 . 4° ½, 6°, 8° (la plaque donnant ce chiffre est voisine d'une bissectrice centrée), la variété est comprise entre Ab et Ab_1 Am_1).

5. Section Sn_g, clivage p = (001), cassure h^1 = (100).

Extinction de n_p = + 12 = oligoclase albite entre Ab et Ab_1 Am_1.

6. Section g^1 = (010).

Extinction de n_p = + 10 = oligoclase albite.

On voit donc que tous les plagioclases sont compris entre l'albite et les oligoclases plutôt acides. Il n'existe pas d'orthose dans la roche, par contre, nous avons trouvé plusieurs sections feldspathiques assez énigmatiques, qui présentaient les caractères suivants : les sections étaient mâclées généralement sous forme d'un gros individu réuni à une seule lamelle, le premier était perpendiculaire à n_g et par con-

séquent voisin de $g^1 = (010)$. Les extinctions de n_p rapportées au plan de mâcle et à la vibration négative ont été trouvées comme suit :

Extinction de 1 $Sn_g = -16$
id. 1′ $= +13$

Ces valeurs, dans l'hypothèse où la mâcle serait celle de la péricline, coïncideraient sensiblement avec celles que nous avons données pour le labrador $Ab_3 An_5$, et qui correspondraient à :

1 Sn_g 17 ½, 1′ 12 .

Il paraît cependant très étrange de ne rencontrer qu'une ou deux sections d'un labrador aussi basique, parmi des feldspaths dont l'acidité est presque celle de l'albite.

Granulite filonnienne à plagioclase. Coupe n° 1032. Chambre claire. Grossissement = 13 diam. Nicols croisés. M = mica. f = feldspath. Q = quartz.

QUARTZ

Il est abondant, et se trouve en grains idiomorphes renfermant généralement des inclusions liquides.

STRUCTURE

La structure est panidiomorphe grenue, le quartz représente le dernier élément consolidé. La roche est dynamométamorphosée, certaines zones sont écrasées et transformées en brèche microscopique. Les altérations secondaires sont peu manifestes.

COMPOSITION CHIMIQUE

	Analyse du N° 1032.	Composition ramenée à 100 parties.	Quotients.	
SiO_2 =	70,95	71,82	1,19	
Al_2O_3 =	14,29	14,46	0,142	0,149 R_2O_3
Fe_2O_3 =	1,19	1,20	0,007	
CaO =	2,19	2,22	0,04	0,239 RO + R_2O
MgO =	4,20	4,25	0,106	
K_2O =	0,77	0,78	0,008	0,093 R_2O
Na_2O =	5,20	5,27	0,085	
Perte au feu	2,27	—	—	
	101,06	100,00		

Coefficients d'acidité $\alpha = 3{,}47$.

Rapport de $R_2O : RO = 1 : 1{,}56$.

Formule magmatique : $8\ SiO_2 : R_2O_3 : 1{,}6\ RO$.

Cette formule montre que les plagiaplites micacées se rapprochent comme composition magmatique de certaines diorites quartzifères, elles sont cependant plus acides.

§ 3. *Les albitites, structure, composition chimique.*

Les roches auxquelles nous avons donné le nom d'albitites, sont d'une couleur grisâtre, à grain très fin, presque aphanitiques. Sous le microscope elles se montrent pour ainsi dire exclusivement formées par de l'albite, réunie à un peu de sphène et à quelques plages chloriteuses, restes vraisemblables d'un élément ferromagnésien disparu.

SPHÈNE

Il est disséminé dans toute la roche et se rencontre en petits individus libres ou inclus dans les feldspaths. Ses grains sont irréguliers, de couleur jaunâtre, translucides, avec les propriétés optiques ordinaires.

PLAGIOCLASES

Ils sont mâclés selon la loi de l'albite, les lamelles sont toujours fines et serrées, on n'observe pas de mâcles de Karlsbad.

1. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 13°$ / id. 1′ $= 13°$ \ $= 5\ \%$ d'An.

Sur 1 on voit une bissectrice non centrée.

2. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 18°$ / id. 1′ $= 15°$ \ $=$ Albite.

Sur 1 on observe une bissectrice non centrée.

3. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 19°$ / id. 1′ $= 19°$ \ $=$ Albite.

4. Section $g^1 = (010)$, avec bissectrice aiguë n_g.

Extinction de $n_p = +\ 19 =$ albite.

Nulle part nous n'avons pu trouver d'orthose ou de quartz.

ÉLÉMENTS SECONDAIRES

On observe très localement quelques plages de couleur vert pâle, formées par un minéral lamellaire, dont les lamelles sont orientées diversément. Celles-ci s'éteignent parallèlement à la trace d'un clivage visible qui est positif, les lamelles sont très peu biréfringentes $n_g - n_p = 0{,}003$. Ces lamelles appartiennent sans doute à une chlorite née d'un élément noir préexistant complètement disparu.

STRUCTURE ET PHÉNOMÈNES DYNAMIQUES

La structure était originellement grenue avec égal développement des divers individus; mais les phénomènes dynamiques ont si profondément modifié celle-ci qu'il est bien difficile de la rétablir. Les feldspaths sont brisés, leurs lamelles tronçonnées et les tronçons déplacés selon de véritables plans de failles microscopiques. Par places les minéraux sont écrasés, la roche présente alors l'aspect d'une brèche microscopique à petits éléments esquilleux.

COMPOSITION CHIMIQUE

Analyse du N° 1037.

SiO_2	=	66,09
TiO_2	=	0,23
Al_2O_3	=	18,85
Fe_2O_3	=	0,91
CaO	=	1,09
MgO	=	1,53
K_2O	=	0,48
Na_2O	=	10,84
Perte au feu	=	1,17
		101,19

La formule magmatique est la suivante :

Analyse ramenée à 100 parties.			Quotients.			
SiO_2	=	67,07	1,101	1,104 RO_2		
TiO_2	=	0,23	0,003			
Al_2O_3	=	18,85	0,185	0,191 R_2O_3		
Fe_2O_3	=	0,91	0,006			
CaO	=	1,09	0,020	0,058 RO		0,238 R_2O + RO
MgO	=	1,53	0,038			
K_2O	=	0,48	0,005	0,180 R_2O		
Na_2O	=	10,84	0,175			
		100,00				

Coefficient d'acidité $\alpha = 2.71$.

Rapport $R_2O : RO = 3,42 : 1$.

Formule magmatique $= 5,78\ SiO_2 : R_2O_3 : 1,246\ RO$.

Cette composition, comme on le voit, se rapproche sensiblement de celle de l'albite pure; les oxydes de fer et de magnésie proviennent sans doute de la chlorite mêlée à celle-ci.

§ 4. *Les diorites anorthiques, minéraux, structure, composition chimique.*

Ces roches, essentiellement mélanocrates, sont de couleur noirâtre et assez finement grenues. A l'œil nu, elles paraissent formées presque entièrement par de la hornblende noire en cristaux raccourcis, mais à la loupe on distingue parmi ces derniers quelques grains de feldspath. Au microscope, les minéraux constitutifs de ces roches sont: l'apatite, la magnétite, la hornblende et le plagioclase.

APATITE ET MAGNÉTITE

L'apatite se rencontre abondamment dans cette roche, elle se trouve en inclusions dans l'amphibole, mais également à l'état libre parmi les autres éléments. Ses petits prismes hexagonaux sont raccourcis et généralement terminés; leurs propriétés optiques sont normales. La magnétite est très répandue, elle se rencontre en gros octaèdres ou en grains arrondis inclus dans la hornblende.

HORNBLENDE

Celle-ci ressemble absolument à celle trouvée dans les diorites filoniennes à anorthite qui traversent la koswite. Les cristaux sont courts, trapus, les clivages $m = (110)$ sont constants; en dehors des profils $m = (110)$ et $g^1 = (010)$ on ne trouve pas d'autres formes développées. Sur $g^1 = (010)$ l'extinction de la vibration positive se fait à 17° (oculaire Calderon), les indices de réfraction mesurés directement ont été trouvés de:

Tableau des indices pour la hornblende pour la raie D.

N° de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1036	Sn_p	1,6856	1,6765	1,6628	0,0228	0,0091	0,0137
				1,6627			

La valeur de la biréfringence maxima déterminée directement est de 0,023. Le signe optique est négatif $= n_p$, l'angle des axes mesure au goniomètre pour la raie D $= 82° \frac{1}{2}$; la valeur calculée $= 78°\ 24'$. Ce chiffre a été calculé au moyen des indices. La coloration et le polychroïsme de cette amphibole sont très intenses, en lames déjà un peu épaisses elle est presque opaque; on observe les couleurs suivantes pour l'absorption : n_g = verdâtre foncé, n_m = verdâtre.

n_p = jaune verdâtre pâle. Cette hornblende représente donc un type assez particulier sans doute nouveau, et analogue à celui décrit à propos des roches filonniennes dans la koswite. Elle se distingue par la valeur de ses indices, par sa biréfringence, et surtout par la grandeur de l'angle des axes optiques.

PLAGIOCLASES

Ils sont réduits par rapport à la hornblende et toujours kaolinisés, ils sont mâclés selon la loi de l'albite et de la péricline; les lamelles sont généralement larges.

1° Section mâclée selon Ab, voisine de la bissectrice n_p.

Extinction de 1 voisin de $Sn_p = + 46°$ } = Anorthite.
id. 1′ $= - 66°$ }

2° Section Sn_p, mâclée selon Ab et P.

Extinction de 1 Sn_p pour $P = - 35°$ 1 pour $A_b = + 40°$ } = Anorthite.
id. 1′ $= + 23°$ 1′ id. $+ - 60°$ }

3° Section mâclée selon Ab et K, perpendiculaire à $g^1 = (010)$.

Extinction de $1 = 55°$ } = Anorthite.
id. $2 = 10°$ }

Il résulte de ces déterminations que le plagioclase est exclusivement de l'anorthite.

STRUCTURE

La structure est grenue, les prismes de hornblende, orientés optiquement d'une manière différente, se groupent directement et laissent çà et là entre eux quelques vides dans lesquels l'anorthite a cristallisé. Les minéraux sont ici parfaitement isométriques, et la roche présente une grande analogie avec le N° 14 décrit précédemment, qui était cependant plus feldspathique.

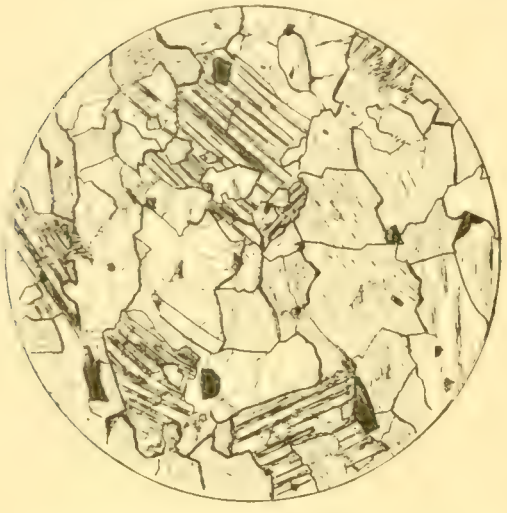
COMPOSITION CHIMIQUE

	N° 1036, analyse.	Ramenée à 100 parties.	Quotients.	
SiO_2 =	40,30	40,41	0,675	
Al_2O_3 =	17,63	17,68	0,173	
Cr_2O_3 =	0,34	0,35	0,002	0,215 R_2O_3.
Fe_2O_3 =	6,35	6,37	0,040	
FeO =	10,28	10,31	0,143	
CaO =	13,85	13,88	0,248	0,597 RO.
MnO =	—	—	—	
MgO =	8,23	8,25	0,206	0,640 RO + R_2O.
Na_2O =	2,48	2,49	0,040	
K_2O =	0,26	0,26	0,003	0,043 R_2O.
Perte au feu	0,92	—	—	
	100,64	100,00		

Coefficients d'acidité $\alpha = 1{,}04$.

Rapport $R_2O : RO = 1 : 13{,}8$.

Formule magmatique $3{,}14\ SiO_2 : R_2O_3 : 2{,}98\ RO$.



Diorite anorthique filonnienne. Coupe n° 1036. Lumière naturelle. Grossissement = 22 diam. A = amphibole. f = feldspath. Les feldspaths avec nicols croisés.

Cette formule rapproche les diorites anorthiques filonniennes dans la dunite, des types les plus basiques connus parmi les roches dioritiques.

§ 5. *Les Wehrlites filonniennes. minéraux, structure, composition chimique.*

Ces roches se rencontrent en très petits filons dans la dunite. Elles sont noirâtres, grenues, et complètement exemptes de feldspath. Sous le microscope, les éléments constitutifs en sont : la magnétite, les spinelles chromifères, l'olivine, le pyroxène et la hornblende.

MAGNÉTITE

Ce minéral est très abondant et se rencontre en grains idiomorphes, plus rarement en petites plages sidéronitiques. Il est en général mêlé aux autres minéraux, ou aussi en inclusions dans le pyroxène et la hornblende. On trouve également quelques grains de pléonaste liés à cette magnétite.

OLIVINE

L'olivine forme à peu près le tiers de la roche. Elle se trouve en grains arrondis et hyalins, toujours craquelés, altérée par les actions secondaires et transformée totalement ou partiellement en un minéral brun verdâtre, peu biréfringent, qui parait par places avoir une texture fibrillaire.

PYROXÈNE

Le pyroxène se présente en cristaux raccourcis, transparents et incolores, renfermant fréquemment des inclusions lamellaires et des grains opaques. Il ne montre pas de profils reconnaissables, et il est de plus rarement mâclé. Les extinctions sur $g^1 = (010)$ se font sous des angles très petits qui ne dépassent jamais 38° et tombent quelquefois à 36. L'angle des axes 2V est petit également (voisin de 53°).

La bissectrice aiguë est positive n_g. La biréfringence n_g-$n_p = 0{,}029$. Le pyroxène est sans doute une variété de diopside.

HORNBLENDE

La hornblende est très abondante et quantitativement égale au pyroxène. Les cristaux présentent aussi des formes raccourcies, et ne sont généralement pas mâclés. Sur $g^1 = (010)$ il s'éteignent entre 20 et 22° pour la vibration positive, la biréfringence maxima n_g-$n_p = 0{,}023$. Le signe optique est négatif, l'angle des axes 2V dépasse 65°. Le polychroïsme est faible, la coloration de cette hornblende est quelquefois très pâle. On observe généralement : n_g = brun verdâtre assez pâle, n_m = brun plus pâle, n_p = presque incolore. La hornblende, de même que le pyroxène, sont localement allotriomorphes par rapport à l'olivine.

STRUCTURE

La structure est panidiomorphe grenue. Les différents minéraux constitutifs sont isométriques et ce n'est que rarement que le pyroxène ou l'amphibole moulent en certains endroits le péridot. On pourrait à la rigueur choisir un nom nouveau pour cette roche qui est bien, minéralogiquement parlant, une wehrlite, mais qui se distingue cependant de la wehrlite typique par son caractère filonnien.

COMPOSITION CHIMIQUE

		N° 1040.	Analyse ramenée à 100 parties.	Quotients	
SiO_2	=	44,94	45,05	0,751	
Al_2O_3	=	4,84	4,85	0,047	
Cr_2O_3	=	0,76	0,76	0,005	0,071 R_2O_3
Fe_2O_3	=	4,64	4,64	0,029	
FeO	=	6,75	6,76	0,094	
CaO	=	14,70	14,73	0,263	0,937 RO
MgO	=	23,16	23,21	0,580	
Perte au feu		1,44	—	—	
		101,23	100,00		

Coefficients d'acidité = 1,26.

Formule magmatique : 10,5 SiO_2 : R_2O_3 : 13,3 RO.

§ 6. *Considérations relatives à la formation filonnienne dans son ensemble.*

Il n'est point dénué d'intérêt de comparer les roches filonniennes que nous avons rencontrées aussi bien dans la dunite que dans la koswite et les gabbros, avec celles trouvées par M. Lœwinson-Lessing au Daneskin-Kamen et soigneusement étudiées et décrites par lui. Cette montagne, située au nord du Koswinsky, appartient sans doute à la même zone éruptive; l'auteur en question cite une série de roches curieuses rencontrées aussi bien dans la dunite massive que dans les gabbros et les pyroxénites de la région. A côté de filons gigantoplasmatiques qui manquent au Koswinsky mais que nous avons retrouvés au Tilaï, M. Lœwinson-Lessing a remontré toute une série de roches mélanocrates en filons généralement minces, qu'il range dans les principales catégories suivantes :

1. Des picrites filonniennes à hornblende, qui traversent la dunite massive de la Supreja. Ces roches holocristallines et micro-grenues se composent d'olivine et de hornblende violette, presque incolore en lames minces. On y trouve également quelques grains de feldspath décomposés; la roche, de par ce fait et aussi de par la composition spéciale de la hornblende, devient légèrement alcalifère. La formule magmatique de ces picrites est la suivante: 8 RO : R_2O_3 : 6,83 SiO_2. Coefficient d'acidité $\alpha = 1,22$. Ces roches se rapprochent évidemment beaucoup des wehrlites filonniennes traversant la dunite du Koswinsky.

2. Des micro gabbros-diorites riches en magnétite. Ce sont des roches grisâtres, entièrement cristallines, qui se trouvent en filons dans les diallagites et les hornblendites du Pichtowi-Ouwal. Leur structure est micro-granitique, elles renferment des grains allotriomorphes de plagioclase, de l'augite verte, de la hornblende et de la magnétite. A l'exception de l'augite, ces divers éléments sont en parties égales. La formule magmatique répond à : 2,24 SiO_2 : R_2O_3 : 1,79 RO. Coefficient d'acidité $= \alpha$ 0,90. Cette roche est pour M. Lœwinson-Lessing un micro-gabbro ultrabasique, à magma camptonitique, mais plus basique et plus pauvre en alcali.

3. Des micro-diorites qui se rencontrent en filons noirs, grenus et aphanitiques, dans les gabbros de la Supreja. Ce sont des roches mélanocrates formées par de la hornblende et du plagioclase en grands cristaux, contenus dans une masse kataclastique réelle ou simulée, finement grenue, formée par les mêmes minéraux. La formule de cette roche est 4,81 SiO_2 : R_2O_3 4,25 RO. Coefficient d'acidité = 1,31. Rapport R_2O : RO = 1 : 21.

4. Des micro-diorites, en filons dans les gabbros-norites de l'arête entre Solwa et Supreja; de formule magmatique : 3,31 SiO_2 : R_2O_3 : 2,68 RO. Coefficient d'acidité = 1,15, rapport R_2O : RO = 1 : 20.

5. Des diorites porphyriques et des hornblende-porphyrites à structure holocristalline.

6. Des enstatite-hornblende-porphyrites à masse holocristalline, composées de hornblende, de feldspath et d'enstatite, avec phénocristaux de ce dernier minéral.

7. Des micro-diorites porphyrites avec phénocristaux de hornblende brun violacé.

Nous grouperons maintenant les diverses roches filonniennes que nous avons rencontrées au Koswinsky, en les réunissant en deux séries, l'une basique, l'autre acide.

TYPE BASIQUE

1. Dunites sidéronitiques.

Formule magmatique : 5,4 SiO_2 : 1,1 R_2O_3 : 10,7 RO.

Coefficient d'acidité : $\alpha = 0,79$.

2. Dunites filonniennes ordinaires : Formule magmatique : 67 SiO_2 : R_2O_3 : 132 RO. Coefficient d'acidité $\alpha = 0,98$.

3. Diorites anorthites filonniennes : Formule magmatique : 3,14 SiO_2 : R_2O_3 : 2,98 RO. Coefficient d'acidité $\alpha = 1,04$ R_2O : RO = 1 : 13,8.

4. Wehrlites filonniennes : Formule magmatique : 10,5 SiO_2 : R_2O_3, : 13,3 RO. Coefficient d'acidité $\alpha = 1,26$.

5. Micro-pyroxénites filonniennes aphyriques.

6. Microgabbros porphyriques.

TYPES NEUTRES OU ACIDES

1. Granulites filonniennes micacées. (Plagiaplites micacées.) Formule magmatique : 8 SiO_2 : R_2O_3 : 1,6 RO. Coefficient d'acidité $\alpha = 3,47$, rapport R_2O : RO = 1 : 1,56.

2. Diorites filonniennes leucocrates : Formule magmatique : 5,67 SiO_2 : R_2O_3 : 1,03 RO. Rapport R_2O : RO = 1,34 : 1. Coefficient d'acidité $\alpha = 2,796$.

3. Plagiaplites : Formule magmatique : 4,12 SiO_2 : R_2O_3 : 1,12 RO. Coefficient d'acidité $\alpha = 1,99$, rapport R_2O : RO = 1 : 1,38.

4. Albitites : Formule magmatique : 5,78 SiO_2 : R_2O_3 : 1,246 RO. Coefficient d'acidité = 2,710. Kapport R_2O : RO = 3,42 : 1.

En comparant les roches du Koswinsky avec celles du Daneskin-Kamen, on voit qu'il y a certainement une grande analogie entre elles, bien que les roches filonniennes de ce dernier appartiennent en grande majorité à des termes ultra-basiques qui ne se distinguent, chimiquement parlant du magma camptonitique, que par une basicité plus grande et par un abaissement caractéristique dans la teneur en alcalis. Ces

roches forment pour M. Lœwinson-Lessing une famille naturelle, celle des mélanocrates alcaliptoches ; et dès lors les produits finaux ultra-basiques de la différenciation des magmas des roches basiques de profondeur rencontrés toujours en filons minces, pourraient à l'avenir se subdiviser comme suit en :

1° *Groupe des alcaliptoches*, comprenant les micro-gabbros et les micro-diorites à magma ultra alcalino-terreux.

2° *Groupe des alcaliplètes*, qui correspondrait sensiblement aux urtites et aux roches analogues, caractérisées à la fois par la basicité du magma et l'abondance des alcalis.

3° Le *groupe des camptonites* (que nous proposons d'appeler *mésalcaliplètes*) qui représenterait celui des roches intermédiaires entre 1 et 2.

Pour être complet, il faudrait, à notre avis, à ces trois groupes en ajouter un quatrième, qui comprendrait les roches filoniennes sans alcalis, traversant en filons minces les roches basiques massives. Ce groupe serait représenté au Koswinsky par les micro-péridotites, les pyroxénites filoniennes, les wehrlites filoniennes, etc., tandis que celui des alcaliptoches comprendrait les diorites anorthiques filoniennes et les micro-gabbros porphyriques.

Dans la dunite massive de l'éperon du Koswinsky, comme dans la koswite elle-même, nous retrouvons une double formation filonienne, l'une mélanocrate basique, l'autre leucocrate acide. Nous avons déjà indiqué sommairement, à propos des roches filoniennes dans la koswite, que l'on pouvait concevoir ce phénomène comme résultant d'une certaine incompatibilité entre les éléments résiduels des roches basiques abyssales. Le résidu que M. Lœwinson-Lessing compare à des eaux mères, se séparerait en deux éléments, l'un basique et faiblement alcalin, l'autre hyperacide contenant sans doute les dissolvants et les minéralisateurs ; ces éléments cristalliseraient alors séparément et seraient l'origine de la double formation observée. Sans doute, dans l'état actuel de la question, il n'est guère possible de préciser les conditions dans lesquelles les roches abyssales basiques se sont consolidées ; à la vérité les observations faites à propos de la koswite sembleraient indiquer que le facteur température peut avoir joué ici un rôle plus grand que pour les roches acides, mais il ne faudrait cependant pas exagérer les conséquences que l'on peut tirer de la concordance dans l'ordre de consolidation observé, avec l'abaissement des points de fusion des minéraux constitutifs et les expériences de M. Vogt sur la cristallisation simultanée de l'olivine et de la magnétite, montrent qu'il serait dangereux d'exagérer la portée de cette coïncidence. De toutes façons il n'en est pas moins incontestable que les roches basiques de profondeur ont, elles aussi, été accompagnées de dissolvants et de minéralisateurs comparables à ceux qui jouent un si grand rôle dans la consolidation des

roches granitiques acides. Les recherches de M. Lacroix sur les contacts si variés et si intéressants de la lherzolithe sont absolument démonstratifs à cet égard. L'abondance des minéraux alcalifères et fluorés observés par lui au contact de roches ultrabasiques très pauvres en soude et en potasse ou qui même n'en renferment pas, montre clairement que les alcalis n'ont point été fixés dans le magma basique, mais qu'ils constituent en quelque sorte un produit d'exsudation mis en liberté avec les dissolvants et les minéralisateurs. C'est probablement à la suite d'une exsudation analogue que se sont formés les filons et les filonnets acides rencontrés aussi bien dans la koswite que dans la dunite de l'éperon du Koswinsky.

CHAPITRE XIII

Description des roches du Koswinsky. Les diabases du Kroutoï-Ouwal.

§ 1. Généralités sur les diabases et sens affecté à cette dénomination. — § 2. Minéraux constitutifs et principales structures. — § 3. Monographie des types étudiés. — § 4. Composition chimique et formules magmatiques.

§ 1. *Généralités sur les diabases et sens affecté à cette dénomination.*

Nous avons vu que les formations éruptives du Pharkowsky-Ouwal et du Sosnowsky-Ouwal étaient flanquées vers l'est d'une zone très continue de roches éruptives également, que l'on pouvait poursuivre sans discontinuité depuis l'embouchure de la rivière Garéwaïa jusqu'au confluent des deux Koswa, en passant par l'arête rocheuse qui forme la rive droite des sources de Balchaïa-Sosnowka, arête que nous avons appelée Kroutoï-Ouwal. Sur le terrain, ces roches éruptives présentent un aspect absolument uniforme qui les fait reconnaître à première vue aussi bien dans le lit de la rivière Tilaï, par exemple, qu'au confluent des deux Koswa ou sur le Kroutoï-Ouwal. Elles sont de couleur verte généralement claire, avec cette nuance

spéciale aux roches qui sont complètement imprégnées de chlorite. A l'œil nu, ces roches sont finement grenues avec égal développement des individus minéraux; certains spécimens cependant présentent des phénocristaux qui n'excèdent pas 0,002 m., et qui paraissent engagés dans une pâte; d'autres sont absolument aphanitiques et lorsqu'ils sont lités par dynamo-métamorphisme, ils sont identiques aux schistes chloriteux ou à certains schistes cornés de la région. Certaines variétés sont amygdalaires, les amygdales de petite dimension sont alors remplies de calcite. Ces différentes roches sont fréquemment pyriteuses et traversées par des filons secondaires de quartz ou de calcite. L'uniformité d'aspect que l'on observe sur le terrain cesse lorsqu'on examine ces roches au microscope et malgré leur état de décomposition avancé qui en rend l'étude difficile, on peut se convaincre que bien que les minéraux constitutifs soient toujours les mêmes, il existe cependant des structures fort différentes. On observe en effet parmi ces roches des types véritablement doléritiques, d'autres ayant eu selon toute vraisemblance une structure intersertale, d'autres encore qui réalisaient probablement une structure hyalopilitique. Il semble donc que l'on peut en conclure à la présence simultanée de dolérites (au sens adopté par le C. P. F.) ou de basaltites doléritiques et ordinaires avec variétés aphyriques, porphyriques ou micro-porphyriques. Pour la simplicité de la description et vu la liaison étroite qui existe entre ces différentes roches, nous les réunirons sous le nom global de diabases.

§ 2. *Minéraux constitutifs et principales structures.*

Le seul minéral constitutif primaire reconnaissable et encore déterminable est l'augite. Celle-ci se rencontre soit en plages, soit en cristaux corrodés mais sur lesquels on peut cependant reconnaître encore les profils m = (110), g^1 = (010), h^1 = (100) b ½ = (∓11) et p = (001). Les cristaux sont faiblement allongés selon la zone prismatique, on observe quelques mâcles h^1 = (100); l'augite est généralement incolore, elle ne renferme pas d'inclusions. Sur g^1 = (010) extinction de $n_g = 55°$; le plan des axes est parallèle à g^1 = (010), la bissectrice aiguë est positive = n_g. L'angle des axes optiques 2V = 58° environ (mesure approximative). Les biréfringences mesurées directement ont donné : n_g-$n_p = 0{,}022$, n_g-$n_m = 0{,}015$, n_m-$n_p = 0{,}005$.

PLAGIOCLASES

Il est excessivement rare de rencontrer un plagioclase comme phénocristal ou comme microlithe qui soit déterminable; dans deux cas seulement, nous avons

pu trouver quelques sections Sn_p dont les extinctions correspondaient à une andésine $Ab_5\ An_3$, mais il n'est pas possible de se prononcer sur les caractères de ces feldspaths, notamment celui des microlithes quand ils ont existé.

MINÉRAUX SECONDAIRES

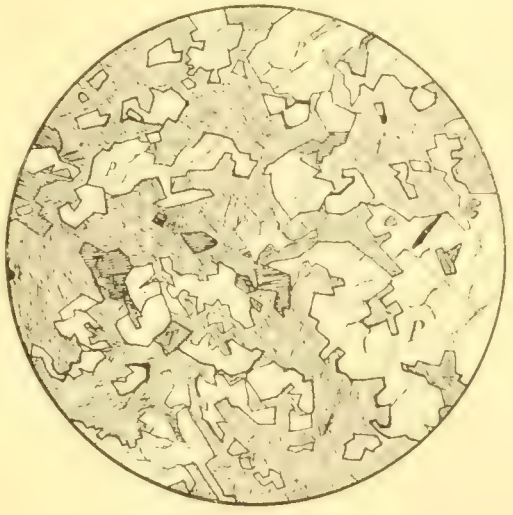
Ils sont excessivement nombreux et nous les décrirons à propos de chaque type en particulier. Ce sont principalement l'épidote, le kaolin, l'actinote, la sericite, la chlorite, le leucoxène puis la calcite.

STRUCTURES ET PRINCIPALES VARIÉTÉS

On observe différentes structures discernables malgré l'état avancé de décomposition de ces roches, elles permettent d'établir dans cette formation quelques types bien caractérisés:

1° *Type dorélitique à structure ophitique.*

Les roches de cette catégorie ont un grain assez fin, mais toujours appréciable à l'œil nu. Sous le microscope, l'augite forme des grandes plages ayant chacune une orientation optique unique, qui primitivement moulaient et empâtaient des feldspaths d'assez grande taille mais avec l'habitus microlithique. Ces feldspaths sont complètement décomposés et c'est à peine si, très localement, on aperçoit des rudiments de lamelles hémitropes. Ils sont remplacés par une masse kaolinique prédominante, grisâtre en lumière naturelle et opaque en lumière polarisée. Dans celles-ci on trouve divers produits secondaires, à savoir:



Type doléritique à structure ophitique. Coupe n° 115. Grossissement = 13. T = leucoxène. P = pyroxène. f = feldspath décomposé. La coupe montre les plages d'augite moulant des plagioclases d'habitus microlithique, transformés en kaolin.

1° des amas de chlorite formés par une variété vert pâle à peine biréfringente et polychroïque, ces amas paraissent remplir la carcasse d'un minéral préexistant complètement disparu. (Peut-être de la hornblende?) La chlorite se présente en petites lamelles et en houppes, n_g coïncide avec le clivage p = (001), n_g = vert très pâle, n_p = incolore.

2° Des amas d'un minéral en très petites lamelles (qui d'ailleurs ne se rencontrent pas chez tous les spécimens).

Les lamelles parallèles à p = (001) rappellent vaguement un contour hexagonal, elles sont rigoureusement uniaxes négatives, de couleur vert olive. Les lamelles perpendiculaires à p = (001) s'éteignent en long, elles sont fortement polychroïques avec : n_g = brun verdâtre foncé, n_p = verdâtre pâle. La biréfringence est très élevée et atteint 0,04 ; ce minéral est donc une biotite secondaire.

3° Des plages d'un minéral translucide, de couleur brunâtre, polarisant en agrégat ; ces plages rappellent comme forme celle de l'augite. Elles sont même parfois enclavées dans ce minéral, mais il est impossible de déterminer la nature de ces amas qui proviennent sans doute de la décomposition d'un minéral problématique qui a complètement disparu ; elles sont assez nombreuses et se retrouvent constamment dans ce type. Nous les considérons comme appartenant à un minéral leucoxénique.

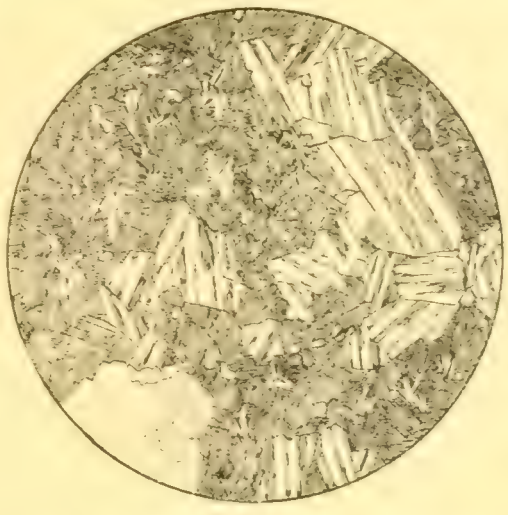
La disparition complète de l'élément feldspathique et son remplacement par le kaolin met admirablement en évidence la structure primitivement ophitique de ces roches. Les plages d'augite qui paraissent distribuées dans une masse amorphe, présentent alors des contours bizarres rappelant absolument les plages du quartz des pegmatites. Le nom de diabases ou mieux de dolérites convient donc absolument aux roches de ce type.

2° *Type doléritique aphyrique.*

La roche qui présente ce type paraît avoir été formée de gros microlites feldspathiques enchevêtrés, mêlés à de l'augite assez abondante en individus de dimensions plus réduites. Les deux éléments pyroxène et feldspath sont étroitement enchevêtrés, et il existe des formes transitoires entre ce type et le précédent caractérisées par la présence de petits cristaux-plages de pyroxène moulant localement les microlithes feldspathiques. Ces roches sont également fort décomposées et souvent très dynamo-métamorphiques, l'augite est fréquemment broyée et étirée, les feldspaths complètement kaolinisés, sont cependant encore reconnaissables par places. Ils sont mâclés selon l'albite et la péricline ; la variété, autant qu'on en peut juger sur les quelques déterminations possibles, est plus basique que l'andésine. Ce type renferme comme le précédent des petites accumulations de chlorite vert pâle, groupées par plages, qui évidemment proviennent d'un minéral préexistant ; puis des produits opaques sans doute ferrugineux ou titanifères, enfin quelques plages de calcite. Les roches qui présentent ce type paraissent avoir été entièrement cristallisées, autant que permet d'en juger leur état de décomposition avancée.

3° *Type porphyrique, andésitique ou labradorique (paléoandésite, ou paléolabradorite au sens du C. P. F.).*

Ce type est à deux temps de consolidation marqués, les phénocristaux sont représentés: 1° par des plagioclases assez abondants appartenant au groupe de l'andésine, joints à un minéral ferro-magnésien complètement décomposé et remplacé par des amas d'une chlorite d'un vert d'herbe, en petites lamelles distinctes associées à un peu de calcite. Il est impossible par la forme des contours de savoir quel était le minéral primitif; il se peut que ce soit de l'augite, ce minéral subit cependant un autre genre de décomposition dans ces roches. 2° Par des plagioclases toujours prédominants, du même type que les précédents, mais dont la basicité descend jusqu'à $Ab_1 An_1$; puis de l'augite à caractères ordinaires. Il est à remarquer que dans ce cas il n'existe pas de grandes sections chloritisées parmi les phénocristaux ce qui confirme les doutes exprimés plus haut sur le rôle éventuel de l'augite dans la formation de ces plages.



Type porphyrique à plagioclase (paléoandésite). Coupe n° 70. La coupe montre les phénocristaux plagioclases disséminés dans une pâte primitivement composée de microlithe fin, complètement altérée.

La pâte est un peu variable. Parfois elle est presque grenue et formée par des grains d'augite très nombreux joints à des gros microlithes de feldspath. Cette pâte ressemble alors complètement au type doléritique N° 2 et nous nous trouvons sans doute ici en présence d'un facies porphyrique de celui-ci. Il est bien entendu impossible de savoir, vu l'état de ces roches, s'il existait ou non un résidu vitreux.

D'autres fois la pâte est formée par des microlithes beaucoup plus courts, l'aspect porphyrique de la roche s'exagère dans ce cas, ces microlithes sont circonscrits par un véritable réseau de lamelles de chlorite provenant sans doute de la décomposition d'un élément ferro-magnésien. L'augite est très rare dans cette pâte soit par le fait qu'elle a peut-être disparu, soit parce qu'elle l'était initialement. On y trouve aussi de nombreux petits amas grisâtres à relief élevé, qui polarisent à la façon des agrégats, et qui sans doute sont d'origine leucoxénique : puis aussi des grains de calcite. Ce même minéral forme d'ailleurs quelques amas de la dimension des phénocristaux.

1° *Un type porphyrique à grands cristaux d'augite (basaltite à augite).*

Ce type est assez différent des précédents, il est toujours nettement porphyrique, mais les phéno-cristaux ne comportent que de l'augite. Ce minéral présente alors des formes géométriques reconnaissables. Il est assez volumineux relativement à la dimension du grain de la pâte, et présente les caractères optiques qui ont été signalés précédemment. On observe que souvent ces phénocristaux d'augite sont sillonnés de canaux de décomposition, remplis par une matière colloïde.

La pâte est complètement transformée et décomposée. Elle a été peut-être à l'origine microlithique et hyalopilitique, mais il est impossible de le savoir. Les éléments sont en tout cas de petite dimensions. Elle est formée par une masse feutrée produite par l'entrecroisement de petites lamelles d'un minéral d'aspect micacé ou séricitique, qui présentent un clivage p = (001) avec lequel coïncide la vibration n_g. Ce minéral est incolore en lumière naturelle ou très légèrement brunâtre, son relief est très inférieur à celui de l'augite, sa biréfringence maxima ne dépasse pas 0,020. Sur certaines lamelles sans clivage et peu biréfringentes, on observe une bissectrice aiguë n_p avec un angle des axes 2V assez grand. Ce minéral appartient sans doute au groupe de la séricite et provient probablement de la décomposition de l'augite, car il forme souvent une auréole fibro-lamellaire aux cristaux de cet élément; l'orientation optique des fibres est alors toute différente de celle du noyau central. Aux forts grossissements, on voit que ces lamelles sont disposées dans une masse argileuse et kaolinique, qui provient sans doute des feldspaths; par places, c'est le kaolin qui domine, ailleurs ce sont les lamelles en question. Lorsqu'il y a dynamo-métamorphisme intense, ces lamelles s'orientent et communiquent alors à la roche une certaine schistosité. On trouve également dans la masse argileuse séricitique des grains d'épidote et parfois même des associations centro-radiées formées par des cristaux de ce minéral, puis enfin des grains de leucoxène ainsi que des amas de calcite.

Type porphyrique à augite (basaltite). Coupe n° 702. Lumière naturelle, la masse est dessinée en lumière polarisée. Grossissement = 22 diam. La coupe montre les phéno-cristaux d'augite disséminés dans la base décomposée qui représente la pâte.

Il est donc probable que la masse argilo-séricitique observée, remplace la pâte

microlithique de ces roches; elle provient d'une association de plagioclases basiques à l'état de microlithes avec des grains d'augite, les premiers ayant formé le kaolin, les seconds le minéral séricitique.

Lorsque la décomposition jointe au dynamo-métamorphisme sont plus intenses, il devient souvent complètement impossible de reconnaître l'origine première des roches que l'on a sous les yeux et surtout le type qu'elles réalisent. C'est ainsi, par exemple que l'augite disparaît de plus en plus et ne présente que quelques petits débris à peine reconnaissables; par contre, l'épidote augmente considérablement de même que la chlorite, et la roche passe par toutes les formes transitoires à des schistes chlorito-épidotiques, dans lesquels il est impossible de retrouver une trace de la structure première. Il y a dans ce cas toujours séparation de magnétite secondaire, ainsi que de quartz disséminé alors en petits grains parmi ceux plus gros de l'épidote et les lamelles de la chlorite. Dans certaines variétés complètement transformées, on ne trouve plus d'épidote, toute la masse est alors formée par un tissu serré de petites lamelles d'une chlorite très peu biréfringente parmi lesquelles on trouve localement des amas opaques formés par des matières kaoliniques.

On trouve également des tufs manifestes, dans lesquels on observe une structure clastique et bréchiforme des mieux caractérisée et où l'on peut nettement constater la présence de fragments appartenant aux divers types décrits, fragments qui sont reliés entre eux par des veines remplies d'une chlorite vert d'herbe.

Il paraît donc incontestable que les différentes roches du Kroutoï-Ouwal font partie d'une même famille et qu'elles représentent d'anciennes nappes d'épanchement dont les roches constitutives peuvent à la vérité avoir eu des structures différentes, mais qui ont très certainement une origine commune et une étroite parenté.

§ 3. *Monographie des types étudiés.*

TYPE DOLÉRITIQUE A STRUCTURE OPHITIQUE

N° 205. Crête du Kroutoï-Ouwal.

Roche finement grenue, verdâtre, un peu plus foncée que d'habitude, d'aspect doléritique. Au microscope, l'augite, en plages très abondantes, présente les caractères indiqués. Les plagioclases sont complètement altérés et transformés en masse kaolinique. Sur une mâcle encore visible, on a relevé une extinction de 15° ½ dans la zone de symétrie, la lamelle ne présentait d'ailleurs pas de bissectrice, il est donc

probable que la variété est plus basique que Ab_5 An_3. On trouve quelques rares amas chloriteux remplissant la carcasse d'un minéral disparu, puis des plages opaques ou translucides polarisant dans ce cas à la façon des agrégats, et formées par le minéral énigmatique dont nous avons parlé plus haut. La base qui remplace les feldspaths décomposés est principalement formée de produits argileux opaques. On y trouve cependant çà et là de petits groupements de biotite secondaire.

N° 204. Crête du Kroutoï-Ouwal.

A l'œil nu, cette roche paraît analogue au numéro précédent. Au microscope elle est beaucoup plus altérée et dynamo-métamorphique. Les plages d'augite sont écrasées par places, et disséminées dans une masse primitivement feldspathique complètement décomposée. La chlorite en grandes lamelles d'un vert pâle, est ici très abondante. L'épidote se rencontre en petits grains jaunâtres, disséminés sur certains points; la masse kaolinique qui renferme les feldspaths contient également un peu de quartz secondaire.

N° 115. Chemin de Malinka-Koswa à Sosnowka.

Elle est très analogue au N° précédent, mais les plages d'augite sont beaucoup plus larges, elles montrent admirablement la structure primitivement ophitique de l'échantillon. Quelques amas du minéral brun décomposé précité. Feldspath entièrement décomposé remplacé par une masse kaolinique. Localement, quelques produits ferrugineux accessoires.

N° 90. Confluent des deux Koswa.

La roche ressemble au N° 115, mais elle est plus pauvre en augite qui, cependant, y présente la disposition en plages faisant ciment entre les feldspaths. La roche semble avoir été leucocrate ou peut-être mésocrate. Les plages sont parfois environnées d'une auréole de décomposition formée par un minéral fibrillaire (séricite?). Les feldspaths sont entièrement kaolinisés, et remplacés par des amas de substances opaques parmi lesquels sont mêlées des lamelles chloriteuses.

TYPE GRENU APHYRIQUE

N° 92. Confluent des deux Koswa.

La roche est formée par un mélange enchevêtré de gros microlithes de feldspath, mêlés à des grains et cristaux d'augite. Le feldspath paraît dominant, il est mâclé selon l'albite et fortement décomposé; sur certaines sections Sn_p, on a re-

levé des extinctions de 18 à 20°, l'extinction 1′ montrait également une bissectrice presque centrée; la variété oscille sans doute entre $Ab_5 An_3$ et l'andésine de M. Fouqué. L'augite est laminée et écrasée, certaines sections moulent encore le feldspath, d'autres sont idiomorphes, c'est là sans doute un terme de passage avec le type précédent. Quelques plages de chlorite verte formées de petites lamelles, puis un peu de kaolin, des grains de calcite, et des aiguilles d'actinote.

N° 69. Embouchure de Pharkowka, fond d'un puits.

Cette roche appartient au même type que le N° 92, mais le grain en est plus fin. Elle est également beaucoup plus fortement décomposée; les microlithes de feldspath y sont mêlés aux grains d'augite, mais le tout est si fortement décomposé qu'une détermination des feldspaths est impossible. Toute la masse est criblée de grains opaques, de lamelles de chlorite, de fibres d'actinote et de grains de calcite.

TYPE PORPHYRIQUE A PHÉNOCRISTAUX DE PLAGIOCLASE (PALÉO-ANDÉSITE)

N° 70. Près de l'embouchure de la rivière Pharkowka.

Les phénocristaux comprennent des plagioclases et un minéral ferro-magnésien qui est complètement décomposé et transformé en amas de chlorite vert d'herbe mêlés à des grains et des noyaux de calcite. Il n'existe pas d'augite parmi les éléments de la première consolidation; quant aux feldspaths, plusieurs déterminations conduisent aux types suivants:

1° Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction de 1 $Sn_p = 14°$ / id. 1′ $= 15°$ \ — entre $Ab_3 An_1$ et $Ab_5 An_3$.

2° Section Sn_p, sur 1 bissectrice à peu près centrée.

Extinction sur 1 $Sn_p = 18°$ / id. 1′ $= 16°$ \ — 35 % An, andésine $Ab_5 An_3$.

3° Section $g^1 = (010)$.

Extinction de $n_p = -17$. — Labrador, voisin de $Ab_1 An_1$.

La pâte est formée de microlithes feldspathiques de même nature que les phénocristaux, c'est-à-dire en majorité andésitique, autant qu'il est permis de le dire dans l'état de décomposition de la roche. Ces microlithes sont associés à de nombreuses lamelles de chlorite, et à des petits grains qui polarisent en agrégat et qui sont sans doute le restant d'un élément ferro-magnésien, probablement de l'augite. Il est impossible de dire s'il existait ou non un résidu vitreux, la proportion relative des phénocristaux par rapport à la pâte est assez considérable.

N° 105. Confluent des deux Koswa.

Les phénocristaux sont plus rares que dans le N° précédent, ils comportent des plagioclases qui appartiennent à la série des andésines, de l'augite en cristaux incolores, puis un autre minéral ferro-magnésien représenté par des amas de lamelles chloriteuses. La pâte est formée par une association enchevêtrée de gros microlithes d'augite et de plagioclase. Les microlithes d'après leurs extinctions, appartiennent à la série comprise entre $Ab_5\ An_3$ et $Ab_1\ An_1$. On y trouve aussi des amas translucides, grisâtres, polarisant en agrégats, puis beaucoup de chlorite d'un vert pâle, de la calcite en petits amas, ainsi qu'un minéral fibrillaire incolore produit de la décomposition de l'augite, que nous prenons pour de la séricite. La pâte est ici très largement cristallisée, il n'est pas possible de constater l'existence d'un résidu vitreux.

TYPE PORPHYRIQUE A PHÉNO-CRISTAUX D'AUGITE (BASALTITES)

N° 700. Gros blocs dans les alluvions de Malinka-Sosnowka.

A l'œil nu la roche est vert grisâtre pâle, finement grenue, avec quelques petits cristaux développés porphyriquement. Sous le microscope, les phéno-cristaux sont abondants, moins que la pâte cependant; ils sont exclusivement représentés par de l'augite. Ce minéral est incolore, présente les profils indiqués précédemment, puis quelques mâcles selon $h^1=(100)$ répétées. La pâte ne renferme plus trace d'éléments feldspathiques; par contre on y trouve des petits grains d'augite disséminés dans une masse feutrée et fibreuse, de constitution argilo-séricitique. Quelques grains d'épidote et un peu de calcite.

N° 702. Alluvions de Malinka-Sosnowka.

Cet échantillon est absolument analogue au N° précédent, les phénocristaux y sont cependant moins abondants. La pâte est toujours argilo-séricitique, à texture très fine, elle contient quelques volumineux cristaux de pyrite.

N° 709. Blocs dans l'alluvion de Malinka-Koswa.

Les phénocristaux d'augite sont abondants, mâclés selon $h^1=(100)$, sillonnés de canaux remplis par de la matière colloïde, ce qui leur communique une structure persillée. Quelques grains de magnétite primaire puis pâte argilo-séricitique renfermant quelques panaches d'épidote à structure centro-radiée.

N° 66. Fond d'un puits, rive gauche de Pharkowka près de l'embouchure.

Cette roche, extrêmement décomposée, paraît appartenir au même type. La première consolidation comporte en effet quelques phéno-cristaux d'augite avec les caractères ordinaires. Puis il existe un assez grand nombre de plages formées par de la calcite qui peut provenir aussi bien du remplissage de cavernes (ce qui correspondrait alors à un faciès scoriacé), que du produit de la décomposition de phéno-cristaux accompagnant l'augite mais dont il ne resterait aucune trace. La pâte est également argilo-séricitique et surchargée de calcite et de produits opaques.

FACIES D'ALTÉRATION DES TYPES PRÉCÉDENTS

N° 203. Près de la crête du Kroutoï-Ouwal.

Cette roche paraît être un faciès de décomposition du type N° 4. Sous le microscope, on y voit encore quelques grains d'augite, mais tous les éléments feldspathiques ont disparu. Il ne reste à la place qu'une masse formée par de la chlorite disposée en nids et en zones, jointe à des gros grains d'épidote, des éléments opaques d'origine leucoxénique, un peu d'hématite, puis localement des grains de quartz secondaire. C'est une forme de passage au schistes chloriteux.

N° 200. Sur le Kroutoï-Ouwal.

Faciès analogue au précédent, mais plus fortement décomposé. On ne trouve en effet plus que des rudiments d'augite, toute la masse constitutive est formée ici par un mélange d'individus enchevêtrés de chlorite, de produits opaques et leucoxéniques de séricite puis aussi, mais localement, de lamelles de mica secondaire jointes à quelques grains d'épidote.

N° 201. Sur le Kroutoï-Ouwal.

Faciès analogues au précédent mais très dynamo-métamorphique, la roche ne renferme plus trace d'augite primitive et présente une structure manifestement parallèle. Elle est en grande partie formée d'une chlorite vert pâle légèrement polychroïque, enchevêtrée avec des paillettes de séricite et des petits grains d'épidote. On trouve encore quelques amas de matière kaolinique, rarement un peu de calcite. Le type primitif ayant donné naissance à cette roche était probablement le N° 2.

N° 202. Kroutoï-Ouwal, sur la crête.

Cette roche est complètement transformée et a perdu toute trace de son origine première. Sous le microscope elle est formée d'un enchevêtrement feutré très uni-

formé de lamelles de chlorite et de paillettes de séricite. On y rencontre aussi une grande quantité de petits grains d'épidote très uniformément disposés dans la masse, puis des produits opaques, et enfin localement un peu de quartz secondaire localisé sur certains points.

N° 57. Embouchure de la rivière Tzenkowka.

Cette roche est un peu différente des précédentes, elle ne garde rien de son origine première. Sous le microscope, elle est formée par une association intime de quartz, d'épidote très abondante, de lamelles de chlorite jointes à des produits opaques et leucoxéniques.

N° 58. Embouchure de la rivière Tzenkowka.

Ce spécimen est formé par de la chlorite réunie à beaucoup d'épidote et à des produits opaques. Il existe localement du quartz secondaire, mais toute trace des minéraux constitutifs primordiaux a complètement disparu.

N° 67. Fond d'un puits, près de l'embouchure de Pharkowka.

Roche complètement décomposée, schisteuse, formée par des éléments kaoliniques réunis à de la chlorite et du quartz. Il n'existe plus trace des minéraux constitutifs.

N° 65. Fond d'un puits près de l'embouchure de Pharkowka.

Roche entièrement décomposée, verdâtre, finement grenue, formée par une association argilo-séricitique dans laquelle on trouve encore quelques débris d'augite, mais en petite quantité. Dans la masse séricitique on remarque quelques grains d'épidote puis des produits opaques d'origine leucoxénique.

N° 91. Confluent des deux Koswa.

Roche écrasée, schisteuse, formée par une masse argileuse et séricitique, avec traînées de chlorite et d'éléments opaques. Beaucoup de grains d'épidote puis quelques plages d'augite encore appréciables. Le type réalisé ici, à en juger par la forme de l'augite, était probablement le N° 1.

N° 181. Blocs en place dans la rivière Tilaï en amont de Garéwaïa.

Cette roche représente absolument le type N° 4 observé au Kroutoï-Ouwal, il est seulement dans un état d'altération plus avancé. Les phénocristaux d'augite sont rares et détruits par altération, les formes géométriques de leur profil ont disparu, et les noyaux qu'il en reste sont entourés d'une auréole fibrillaire séricitique. La masse principale est argilo-séricitique comme d'habitude, elle ne renferme que peu de chlorite.

TUFS DES FORMATIONS PRÉCÉDENTES

N° 206. Krоutoï-Ouwal.

Cette roche est formée de fragments hétérogènes en voie de décomposition avancée. On y observe des fragments du type N° 4 et du type N° 2 réunis par des veines contournées remplies d'une chlorite vert d'herbe légèrement polychroïque. Plusieurs autres numéros récoltés en des points différents présentent la même structure et la même composition.

N° 116. Chemin de petite Koswa à Sosnowka

Ce spécimen est absolument identique au N° précédent et ne s'en distingue en rien. Les débris anguleux sont soudés par de la chlorite verte et polychroïque.

§ 4. *Composition chimique et formules magmatiques.*

Nous avons analysé deux des types principaux indiqués, de façon à voir quelle était leur analogie magmatique. Il convient cependant de prendre en considération l'état d'altération avancé de ces différentes roches qui compromet la valeur des résultats au point de vue de leur interprétation.

Analyses :

	N° 205	N° 700	N° 702
SiO_2	= 45,56	51,83	52,75
Al_2O_3	= 14,67	8,13	12,12
Fe_2O_3	= 4,61	5,58	1,36
FeO	= 10,95	6,91	7,39
CaO	= 12,08	12,54	10,13
MgO	= 7,31	8,86	11,25
K_2O	= 0,56	0,71	0,29
Na_2O	= 2,58	3,63	3,56
Perte au feu + CO_2	= 3,90	2,82	2,26
	102,22	101,01	101,11

N° 205 = type doléritique à structure ophitique.

N° 700 = type porphyrique à phénocristaux d'augite (basaltite).

N° 702 = type porphyrique, les phénocristaux d'augite sont beaucoup plus abondants.

Malgré l'état de décomposition de ces roches les analyses montrent cependant un réel caractère de famille.

Les formules magmatiques ont été calculées pour les N°s 92, 700 et 702. On trouva les résultats suivants :

N° 205

Moyenne sur 100 parties.		Quotients.			
SiO_2	= 46,34	0,772			
Al_2O_3	= 14,92	0,146	0,175 R_2O_3		
Fe_2O_3	= 4,69	0,029			
FeO	= 11,14	0,1547			
CaO	= 12,29	0,2190	0,5594 RO		
MgO	= 7,43	0,1857		0,6074 R_2O+RO	
K_2O	= 0,57	0,006	0,0480 R_2O		
Na_2O	= 2,62	0,042			
	100,00				

Coefficient d'acidité α = 1,36.

Rapport R_2O : RO = 1 : 11,65.

Formule magmatique = 4,41 SiO_2 : R_2O_3 : 3,47 RO.

N° 700.

Moyenne sur 100 parties.		Quotients.			
SiO_2	= 52,79	0,8798	RO_2		
Al_2O_3	= 8,28	0,0811	0,1166 R_2O_3		
Fe_2O_3	= 5,68	0,0355			
FeO	= 7,04	0,0977			
CaO	= 12,77	0,2280	0,5512 RO		
MgO	= 9,02	0,2255		0,6184 RO + R_2O	
K_2O	= 0,72	0,0076	0,0672 R_2O		
Na_2O	= 3,70	0,0596			
Total.	100,00				

Coefficient d'acidité α = 1,8.

Rapport R_2O : RO = 1 : 8,2.

Formule magmatique = 7,545 SiO_2 : R_2O_3 : 5,3 RO.

N° 702.

Moyenne sur 100 parties.			Quotients.		
SiO_2	=	53,36	0,8898	RO_2	
Al_2O_3	=	12,26	0,1202	0,1288 R_2O_3	
Fe_2O_3	=	1,38	0,0086		
FeO	=	7,48	0,1038	0,5713 RO	0,6324 R_2O + RO
CaO	=	10,25	0,1830		
MgO	=	11,38	0,2845		
K_2O	=	0,29	0,0031	0,0611 R_2O	
Na_2O	=	3,60	0,0580		
Total.		100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,73$.

Rapport $R_2O : RO = 1 : 9,35$.

Formule magmatique $= 6,908\ SiO_2 : R_2O_3 : 4,91\ RO$.

Comme on le voit par les formules qui précèdent, c'est là la véritable expression du magma des diabases, et malgré les oscillations observées, il est incontestable que toutes les variétés du Kroutoï-Ouwal appartiennent à un seul et même magma.

CHAPITRE XIV

Description des roches du Koswinsky. Les gabbros ouralitisés de la ligne de partage.

§ 1. Généralités sur les roches de la ligne de partage et monographie des types étudiés. — § 2. Les roches du Kitlimsky-Ouwal.

§ 1. *Généralités sur les roches de la ligne de partage et monographie des types étudiés.*

Sur la ligne de partage qui sépare les bassins de la petite Koswa de Kitlim, on ne trouve pas de pointements rocheux en place dans la forêt. En revanche on

rencontre fréquemment des blocs isolés couverts de mousse, qui, sans doute, ne proviennent pas de très loin et sont probablement analogues à la roche sous-jacente. Les différentes roches que l'on y rencontre appartiennent à la même famille, celle des gabbros ouralitisés, nous examinerons séparément chaque type rencontré, ne pouvant, par suite de l'incertitude laissée par les observations sur le terrain, établir aucune relation entre eux.

MONOGRAPHIE DES TYPES ÉTUDIÉS

N° 131. Ligne de partage, cailloux dans la forêt.

Cette roche très largement cristallisée, paraît formée à l'œil nu en grande partie par de la hornblende en volumineux cristaux enchevêtrés, parmi lesquels on distingue çà et là une tache rosée formée par l'élément feldspathique; elle ressemble à une diorite mélanocrate à grain grossier. Au microscope, la hornblende se présente en larges plages de couleur vert foncé, qui provient exclusivement d'un diallage dont on retrouve encore quelques traces. L'ouralitisation s'est produite d'une façon tout à fait irrégulière, les taches de hornblende marbrent les cristaux de diallage restant. La hornblende est assez souvent mâclée, elle s'éteint sur $g^1 = (010)$ à 20°; le polychroïsme est intense et donne : $n_g =$ vert foncé, $n_m =$ vert, $n_p =$ vert jaunâtre; la bissectrice aiguë est négative et l'angle des axes grand. Le pyroxène présente les caractères d'un diallage analogue à celui que l'on retrouve dans les roches du Katéchersky. Quant aux feldspaths, ils sont complètement kaolinisés et remplacés par des amas opaques, la variété était sans doute basique. On trouve quelques plages de magnétite, puis aussi de l'hématite secondaire, cette roche est donc un gabbro ouralitisé à facies mélanocrate.

N° 124. Ligne de partage, sur le versant de Malinka-Koswa.

Cette roche est très différente de la précédente, elle est leucocrate, à grain beaucoup plus fin. A l'œil nu le feldspath paraît de plus grande taille que l'élément noir qui est formé par une masse finement grenue. Sous le microscope, le diallage est encore abondant, mais les cristaux sont persillés de facules d'amphibole. Par places le diallage a complètement disparu, il est remplacé par une mosaïque d'amphibole formée par des individus grenus orientés optiquement d'une manière différente mais qui résultent de l'ouralitisation d'une seule et même plage de diallage. On trouve un peu de magnétite secondaire, puis beaucoup de feldspath complètement kaolinisé.

N° 123. Ligne de partage dans la forêt.

Cette roche est très finement grenue, de couleur grisâtre, elle représente un type également très commun au Katéchersky et dont nous reparlerons plus en détail en étudiant cette montagne. Il est formé exclusivement de petits grains de hornblende raccourcis et disséminés dans une masse feldspathique complètement kaolinisée. La hornblende est d'un vert sale, légèrement polychroïque, ses caractères optiques sont ordinaires. Dans la masse kaolinique, on trouve quelques grains de quartz secondaire. Bien que cette roche ne renferme aucune trace visible de pyroxène, elle appartient sans doute à la catégorie des gabbros ouralitisés, la finesse du grain et l'identité avec certains types du Katéchersky trouvés en place, laissent supposer qu'elle est filonnienne.

N° 129. Ligne de partage.

Cet échantillon rappelle à l'œil nu absolument l'aspect des euphotides, les plages de feldspath qui y réunissent l'élément noir sont légèrement verdâtres. Elle est formée exclusivement par du pyroxène, de la magnétite, des plagioclases et quelques cristaux de sphène. Le pyroxène est quantitativement égal à l'élément feldspathique, il est incolore et présente les caractères optiques du diallage. En lumière polarisée, il paraît criblé de taches à contours capricieux, occupées par une matière peu biréfringente, verdâtre en lumière naturelle et faiblement polychroïque. Celle-ci n'est point de la hornblende comme on pourrait le croire, mais une variété de chlorite; ce genre de transformation a été également observé au Katéchersky. Dans la même roche, mais sur d'autres points, les taches verdâtres que l'on observe dans le pyroxène sont formées par des fibres de hornblende d'un vert sale, légèrement polychroïques, disséminées elles-mêmes dans une masse chloriteuse verte. Il est donc probable qu'il y a eu d'abord ouralitisation, puis décomposition subséquente de l'amphibole en chlorite. Les feldspaths sont entièrement saussuritisés et remplacés par une masse à base de kaolin imprégnée de chlorite, d'épidote et de zoïzite. Il existe aussi du sphène toujours associé à de la magnétite sans doute titanifère.

N° 124. Ligne de partage.

Cet échantillon est un gabbro ouralitisé à grain moyen, à facies leucocrate. Sous le microscope la roche renferme du diallage encore abondant et déterminable qui emprisonne quelques inclusions lamellaires, comme aussi du fer oxydulé primaire. Il est marbré de taches de hornblende verte qui par places le substitue complètement. Tout le feldspath est détruit et remplacé par du kaolin imprégné de chlorite.

N° 130. Ligne de partage.

Cette roche est très semblable à la précédente, le pyroxène y est seulement plus rare et presque entièrement transformé en hornblende, on y trouve également quelques rares grains de magnétite primaire puis une masse feldspathique complètement transformée, remplacée par du kaolin avec un peu de quartz secondaire.

N° 125. Ligne de partage.

Cette roche est fort différente des précédentes, elle présente à l'œil nu un facies porphyrique et parait formée par des grands cristaux feldspathiques, disséminés dans une pâte mélanocrate finement grenue. Au microscope, on voit que les feldspaths ne sont pas en réalité des cristaux isolés, mais de véritables plages, formées par l'association d'un plagioclase décomposé et d'un diallage encore déterminable. Ces plages sont disséminées dans une masse formée par l'association d'individus idiomorphes de feldspath, de pyroxène et de hornblende brunâtre, qui en résulte par ouralitisation, il existe aussi un peu de magnétite primaire.

L'examen que nous venons de faire de l'une des roches de la ligne de partage, laisse reconnaître, malgré l'insuffisance du matériel d'étude, une filiation étroite entre ces différentes roches qui sont évidemment toutes issues d'un même magma dont elles représentent des formes variées de consolidation. Il est intéressant de constater qu'elles sont absolument semblables à celles que nous allons retrouver au Katéchersky.

§ 2. *Les roches du Kitlimsky-Ouval.*

Le Kitlimsky-Ouval est partout couvert par la végétation et nulle part on n'y voit la roche en place. Sous des arbres déracinés cependant on rencontre des roches foncées manifestement schisteuses, que l'on prendrait au premier coup d'œil pour des amphibolites. Un puits foncé sur la crête du Kitlimsky-Kamen a rencontré en place des roches absolument identiques, de sorte qu'il n'est pas téméraire de supposer que toute l'arête en est formée.

L'examen microscopique de ces roches montre qu'elles appartiennent sans conteste à la catégorie des gabbros ouralitisés, ou des diorites laminés et écrasés par dynamo-métamorphisme et transformés en schistes amphiboliques. Nulle part on ne trouve de pyroxène reconnaissable de sorte qu'il est impossible de décider si la roche primitive était un gabbro ou une diorite, mais l'aspect marbré que présentent certains cristaux d'amphibole joint aussi à la variation du polychroïsme, de la colo-

ration et de la biréfringence, laissent supposer qu'on se trouve en face de la première alternative.

La hornblende forme de beaucoup l'élément prédominant. Elle se présente en grands individus à contours effrangés, généralement froissés ou ployés, qui ressemblent à certaines glandules des gneiss œillés, soit en individus beaucoup plus petits, qui sont sans doute des débris des premiers, et qui les environnent. Cette hornblende est identique dans tous les cas, les petits cristaux ont la même composition que les grands individus, ils en proviennent évidemment par laminage; si ce dernier eût été plus complet, les grands cristaux mêmes auraient disparu. La hornblende est très colorée, elle possède des clivages $m=(110)$ très nets; souvent des mâcles $h^1=(100)$ répétées ou non. Sur $g^1=(010)$ elle s'éteint à 22° ; la biréfringence maxima n_g-n_p est normale = 0,023, la bissectrice aiguë est négative $=n_p$; l'angle des axes 2V est grand. La hornblende renferme en inclusions, mais rarement, un peu de magnétite. Le seul minéral mêlé à la hornblende est un feldspath qui se rencontre en petits grains à extinctions onduleuses, restes évidents de grandes plages broyées dont on rencontre en effet encore quelques rares vestiges. Les feldspaths y sont mâclés selon l'albite, tandis que sur les petits grains toute trace de lamelles hémitropes a complètement disparu. Il a été impossible de déterminer la nature du feldspath qui sans doute appartient à une variété basique.

La structure de ces roches est la suivante : des bandes onduleuses formées par des zones très riches en petits grains et en prismes bacillaires de hornblende, alternent avec d'autres très feldspathiques et pauvres en éléments noirs. Ces différentes zones sont lenticulaires et représentent les unes comme les autres d'anciennes grandes plages de feldspath ou d'amphibole, morcelées par écrasement et étirées dans le sens de la schistosité. Par places, on trouve encore un grand cristal de hornblende faisant glandule, orienté dans le sens de la schistosité et frangé d'esquilles qui en proviennent. Une pression plus énergique aurait fait disparaître ces glandules et passer la roche au type d'un schiste amphibolique parfait. Les roches du Kitlimsky-Ouwal doivent être donc considérées comme des diorites ou peut-être des gabbros ouralitisés, complètement écrasés par dynamo-métamorphisme. Le feldspath moins résistant que la hornblende, est entièrement détruit et morcelé, tandis que la hornblende, plus solide, reste en partie comme grands cristaux qui s'alignent dans le sens de la schistosité développée par la compression, et qui se frangent d'esquilles produites par leur écrasement.

Fig. 29. — Vue générale du Katéchersky et de la chaîne du Tilai-Kanjakowsky depuis le flanc nord-est du Koswinsky. Au second plan, à gauche, se trouve le point culminant du Katechersky; au troisième plan on voit les deux sommets jumeaux du Tilai, plus loin le sommet principal de cette chaîne, puis, tout à fait sur la droite, apparaît dans le lointain le Kanjakowsky

Fig. 30. — Vue du premier sommet principal du Katéchersky (sommet I) et du sommet rocheux qui vient à l'est (II), prise d'un point situé sur la crête à l'est du II

TROISIÈME PARTIE

LA MONTAGNE DU KATÉCHERSKY

CHAPITRE XV

Topographie, géologie et description pétrographique des roches du Katéchersky.

§ 1. Topographie du Katéchersky. — § 2. Géologie du Katéchersky. — § 3. Les gabbros ouralitisés, minéraux, constitutifs et secondaires. — § 4. Structure et principales variétés. — § 5. Monographie des types étudiés. — § 6. Composition chimique et formule magmatique. — § 7. Roches filoniennes dans le Katéchersky, minéraux, structure. — § 8. Considérations générales relatives au Katéchersky.

§ 1. *Topographie du Katéchersky.*

La montagne du Katéchersky est, comme nous l'avons vu, située entre le Koswinsky et l'extrémité sud du Tilaï. Elle forme une crête rocheuse continue, dont la direction est à peu près est-ouest et dont l'altitude reste sensiblement au-dessous de celle de ces deux montagnes; cette altitude décroît de l'ouest vers l'est. Une première vallée assez profonde, sépare les flancs nord-est du Koswinsky du flanc sud du Katéchersky; c'est dans cette vallée que coule la rivière Kitlim *A*. Une seconde vallée plus large, sépare le flanc nord du Katéchersky de l'extrémité sud de la chaîne du Tilaï. Elle est occupée par une rivière que nous appellerons Malinka-Katécherska. Deux barres plates, boisées et d'élévation relativement faible, relient le Koswinsky et le Tilaï au Katéchersky et forment la ligne de partage en cet endroit. Sur le flanc oriental de ces deux barres s'amorcent les sources de Kitlim et de Balchaïa-Katécherska; sur le flanc occidental, celles de Logwinska Katéchersky-Koswinsky et de Logwinska Katéchersky-Tilaï.

Le sommet principal de la crête du Katéchersky est donc rejeté vers l'ouest, c'est lui qui, vu de la rivière Tilaï, dessine cette petite coupole dont l'extrémité chauve et aride s'élève à peine de 100 mètres au-dessus de la limite de la végétation. A l'ouest, immédiatement sous le sommet principal, l'altitude de la crête du Katéchersky diminue assez brusquement et la montagne se prolonge en un long éperon boisé, dont la hauteur déjà faible à l'origine, va en diminuant graduellement jusqu'à quelques verstes du cours de la rivière Tilaï où l'on perd alors toute trace de cet accident topographique. Ce prolongement du Katéchersky sépare les cours des rivières Logwinska Katéchersky-Tilaï et Logwinska Koswinsky-Katéchersky; vu à une certaine distance, il forme un faible mouvement de terrain marqué cependant dans la grande dépression comprise entre les massifs du Koswinsky et du Tilaï, et le cours de la rivière de ce nom. Le sommet principal du Katéchersky d'après plusieurs déterminations corrigées, cote 865 mètres, il présente l'aspect d'un petit dôme assez plat, d'une très grande régularité. A partir de la limite de la végétation, les pentes sont couvertes de blocs anguleux dont l'origine est identique à ceux qu'on trouve au Koswinsky, et comme sur cette dernière montagne, çà et là on voit encore quelques pitons rocheux en place, notamment près du point culminant. Le second sommet qui fait suite au premier vers l'est, en est séparé par un col relativement plat, couvert de végétation, qui cote 758 mètres; il est beaucoup moins important et plus bas que le sommet principal. Sa hauteur est de 782 mètres, il est également rocheux et représente bien plus un piton rocheux sur l'arête, qu'un sommet proprement dit. Le troisième sommet, par contre, est plus important, le col qui le sépare du précédent est également plus large que celui qui existe entre les deux premiers; sa forme est arrondie, mais son altitude est notablement inférieure à celle du sommet principal, il cote en effet 748 mètres; il s'élève donc de quelques mètres seulement au-dessus de la limite de la végétation; le point culminant en est formé par un piton rocheux en place. Ce troisième sommet se trouve encore faiblement rejeté latéralement par rapport à celui du Koswinsky. A partir de ce dernier sommet, la crête du Katéchersky se relève faiblement, puis s'abaisse de nouveau vers l'est pour donner naissance à un col relativement bas qui, comme situation topographique, se trouve à peu près vis-à-vis de l'extrémité nord de l'éperon. A partir du col, la crête se relève de nouveau faiblement pour s'abaisser ensuite, et vers l'est, le Katéchersky vient alors se terminer dans la grande dépression comprise entre la chaîne du Kalpak-Soukogorsky et celle du Koswinsky-Tilaï, par une longue crête boisée dont l'extrémité reste sensiblement à l'ouest des placers de Kitlim. Les flancs nord et sud de la longue crête du Katéchersky sont assez abrupts et couverts de forêts; nulle part, sauf dans le voisinage de la crête, le roc n'est à nu; on trouve

cependant ci et là dans la forêt des pierriers arides, formés par des blocs entassés et anguleux.

§ 2. *Géologie du Katéchersky.*

Le Katéchersky tout entier est formé par des roches éruptives qui, bien qu'appartenant à une seule et même famille, celle des gabbros ouralitisés, présentent cependant sur le terrain des aspects assez différents; la nature de celui-ci est telle d'ailleurs qu'il est impossible d'établir une filiation entre ces différents types.

Lorsqu'on monte au sommet principal par le flanc sud, depuis le confluent de la rivière Kitlim *A* et *B*, on n'observe pas d'affleurements visibles dans la forêt, par contre, on trouve par places et surtout dans le voisinage du col qui sépare les deux premiers sommets, des amas de blocs anguleux qui de loin semblent former des taches dans la forêt. En examinant soigneusement les blocs qui les constituent, on remarque tout d'abord des roches mélanocrates à grain fin, paraissant surchargées d'éléments noirs, à l'œil nu on les prendrait pour des gabbros ou des diorites finement grenues; parfois même le grain en est si fin que la roche paraît presque aphanitique. Dans les mêmes pierriers on trouve également des roches très largement cristallisées, plus feldspathiques, à grain moyen, qui paraissent être des gabbros ou des euphotides, le diallage étant encore nettement reconnaissable; il n'est pas possible de trouver ici les rapports qui lient ces différentes roches. Arrivés au col, dès que l'on quitte la limite de la végétation pour gravir les premières pentes du sommet terminal, on trouve parmi les blocs épars sur le sol quelques pointements de roches en place, formés les uns par un type à grain moyen, plutôt fin, généralement mélanocrate, qui est un gabbro ouralitisé avec diallage encore manifeste; les autres, par des roches semblables mais à grain beaucoup plus fin, d'autres encore par des roches taxitiques, formées par des traînées grossièrement cristallisées, alternant avec d'autres où la roche est beaucoup plus finement grenue. Tous les blocs qui jonchent le sol ont la même composition et l'on y trouve exclusivement les mêmes variétés. Au premier sommet, sur les quelques pitons rocheux en place que l'on y rencontre, on voit de nouveau soit des roches noires très finement grenues, soit des roches noires à grain beaucoup plus grossier, soit encore des roches taxitiques formées par des zones ou traînées grossièrement grenues qui sont disséminées dans d'autres d'un grain beaucoup plus fin, ce qui se rencontre souvent sur des points beaucoup plus rapprochés. Si l'on parcourt toute la surface du premier sommet, en descendant jusque dans la forêt et ceci sur les différents versants, on ne trouve exclusivement que les mêmes

roches; il paraît donc certain que celui-ci est entièrement formé par les gabbros ouralitisés.

Au col qui sépare le premier sommet du second qui lui fait suite vers l'est, on retrouve de nouveau des roches plus ou moins finement grenues qui sont mouchetées par des plages à grain plus grossier formées cependant par les mêmes éléments minéralogiques; au piton rocheux qui forme le sommet n° 2, le type est très finement grenu, presque aphanitique, mais on retrouve dans un pierrier situé immédiatement sur le flanc sud, un mélange des différents types rencontrés ailleurs. Si maintenant, suivant la crête, on gagne le troisième sommet en traversant le col qui le sépare du précédent, on ne voit pas d'affleurements, ce col étant couvert de végétation; mais si l'on monte au troisième sommet par le flanc sud depuis la rivière Kitlim, on trouve sur les premières pentes au-dessus de la rivière comme aussi dans la forêt, des roches mélanocrates verdâtres, de couleur très foncée, que l'on prendrait au premier abord pour des serpentines, mais qui en réalité ne sont que des variétés presque aphanitiques de gabbros ouralitisés. Plus haut, dans un premier pierrier situé dans la forêt, on rencontre gisant pêle-mêle, des variétés toujours mélanocrates largement cristallisées, puis d'autres finement grenues ou même taxitiques. Sous le troisième sommet, dans un second pierrier, on observe de nouveau les mêmes roches jointes à d'autres foncées qui paraissent complètement privées de feldspath. Au sommet même, on trouve de fort belles roches grossièrement grenues, généralement mélanocrates, qui ressemblent à des diorites typiques. Lorsqu'on descend du sommet sur le versant nord jusque sur la rivière Malinka Katécherska, on ne voit que des roches identiques, soit en place, soit dans les grands pierriers qui du sommet s'avancent dans la forêt, les variétés taxitiques ou finement grenues font ici défaut; par contre, on trouve alors des filons bien caractérisés traversant la roche en question. Ces filons sont de couleur verdâtre et d'un grain très fin.

Si du troisième sommet on descend sur le col sensiblement plus bas qui lui fait suite vers l'est, on trouve encore des roches analogues à celles qui forment le sommet N° 3, puis dans les pierriers et parmi les blocs de gabbros à grain grossier, on observe également quelques fragments d'une roche mélanocrate caractérisée par le développement exceptionnel des cristaux d'amphibole, comme aussi par la rareté du feldspath qui est alors de couleur rosée. Ces roches sont parfaitement identiques à certaines variétés que nous avons déjà signalées à propos de la ligne de partage. Au delà du col, sur la longue crête boisée qui termine le Katéchersky vers l'est, on ne rencontre plus d'affleurements rocheux, mais il est évident que les gabbros ouralitisés se continuent dans toute cette arête.

§ 3. *Les gabbros ouralitisés, minéraux constitutifs et secondaires.*

Les minéraux constitutifs des roches du Katéchersky sont assez restreints; ils comportent du sphène, de l'apatite, du zircon et de la magnétite comme minéraux accessoires; du pyroxène, de la hornblende et des plagioclases comme minéraux principaux; puis de l'épidote, de la chlorite, de la séricite et de la calcite comme éléments secondaires.

SPHÈNE, APATITE, ZIRCON

Le sphène, sans être constant, se rencontre cependant dans un certain nombre de ces roches. Il se trouve en petits grains grisâtres, presque incolores, inclus soit dans la hornblende, soit dans le diallage, soit même dans l'élément blanc. Le sphène n'a pas de forme géométrique déterminée, au point de vue optique, son signe est positif, l'angle des axes 2V atteint 35°, la dispersion se fait dans le sens de $\rho > v$.

L'apatite est assez rare et se rencontre en petits prismes hexagonaux parfois terminés, ayant les caractères optiques ordinaires. Le zircon est très rare, on en a trouvé quelques grains seulement sur les nombreux échantillons examinés. Sa présence paraît liée à celle du mica noir. La magnétite est également fort rare dans ces roches, à ce point de vue les gabbros du Katéchersky se distinguent absolument des pyroxénites et des gabbros à olivine précédemment décrits. La magnétite se rencontre dans l'élément noir, et ne forme jamais des plages sidéronitiques.

PYROXÈNE

Ce minéral a dû initialement se rencontrer dans toutes les roches du Katéchersky, il fait défaut cependant dans un grand nombre d'entre elles par suite de l'ouralitisation qui le transforme en amphibole. Le pyroxène forme d'habitude des cristaux de dimensions variables, sur lesquels on ne peut reconnaître une forme géométrique. Il est incolore et nous l'avons toujours trouvé dépourvu d'inclusions lamellaires. Il présente les clivages $m = (110)$ marqués, par contre les plans de séparation selon $h^1 = (100)$ font toujours défaut. Sur $g^1 = (010)$, n_g s'éteint sous des angles qui varient entre 42° et 43° (oculaire Bertrand). Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1 = (010)$, la bissectrice aiguë est positive $= n_g$, l'angle des axes optiques 2V oscille entre 53° et 56°. La biréfringence maxima $n_g - n_p = 0{,}028$, $n_m - n_p = 0{,}008$. La variété est probablement intermédiaire entre le diallage et le diopside.

HORNBLENDE

Bien qu'affectant des aspects assez différents, la hornblende des roches du Katéchersky appartient évidemment à un seul et même type, comme l'attestent les nombreuses déterminations optiques que nous avons faites de ce minéral dans les différentes roches trouvées au Katéchersky. Elle se présente en cristaux de dimension variable, généralement notablement inférieure à celle des cristaux de diallage. En dehors des profils m = (110) et g^1 = (010), la hornblende ne présente pas d'autres faces reconnaissables. La forme des cristaux est en général raccourcie, l'allongement prismatique est faible, sauf dans quelques rares variétés. Les clivages m = (110) sont toujours fort nets et les mâcles selon h^1 = (100) généralement très rares.

Au point de vue optique, cette amphibole, quelque soit le type réalisé par la roche qui la renferme, présente des caractères extrêmement constants. Sur g^1 = (010) l'extinction de n_g se fait sous des angles qui varient entre 20° et 22° sans tomber jamais au-dessous de cette valeur; les variétés du type de la glaucophane notamment, font ici complètement défaut. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 = (010), la bissectrice aiguë est négative = n_p, la valeur des indices principaux est la suivante:

Tableau des indices de la hornblende.

Numéro de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p
1050 bis	Sn_m	1,6790	1,6707 1,6711	1,6555	0,0235	0,0081	0,0154
1049	[1]Sn_p	1,6887	1,6805	1,6660 1,6647	0,0234	0,0082	0,0152

La biréfringence maxima mesurée directement, a été trouvée de 0,023 à 0,022 (comparateur). L'angle des axes optiques a été déterminé directement ou calculé par la valeur des indices. On a obtenu les chiffres suivants :

Tableau de l'angle des axes optiques.

Numéro de la coupe.	Méthode employée.	Valeur de 2V mesurée.	Valeur de 2V calculée.
1050 bis	Réticule	70°	72°
1049	—	—	72

Le polychroïsme se fait toujours dans les teintes vertes, et généralement comme suit :

[1] Les limites de réflexion totale offertes par cette section, ayant été un peu diffuses, les valeurs indiquées ne sont qu'approximatives.

n_g = vert d'herbe, vert jaunâtre, vert légèrement brunâtre.

n_m = vert jaunâtre ou brunâtre plus pâle.

n_p = vert jaunâtre très pâle, presque incolore.

Dans un grand nombre des roches du Katéchersky, aussi bien chez les types finement grenus que chez ceux qui sont largement cristallisés, l'amphibole est le seul élément ferro-magnésien, mais d'autres fois cependant, il reste encore quelques noyaux de pyroxène qui permettent d'établir la genèse de la hornblende ; dans les cas les plus avantageux à ce point de vue, il existe à peu près une égale proportion de ces deux minéraux. L'ouralitisation du pyroxène en amphibole se fait selon des procédés variés. Fréquemment un cristal de pyroxène commence à se transformer par la périphérie et s'enveloppe ainsi d'une auréole de hornblende, alors que son centre reste complètement indemne. Il est alors aisé de constater que tandis que le cristal de pyroxène a une orientation optique unique, la bordure de hornblende qui en provient est formée par une série d'individus différemment orientés. Ce fait se répétant pour plusieurs cristaux de pyroxène qui sont voisins ou qui se touchent directement, le résultat final de cette transformation est de créer un certain nombre de noyaux de pyroxène relativement gros et très frais, isolés dans une masse grenue d'amphibole qui en provient, les deux minéraux restant toujours parfaitement distincts. De la sorte, si l'on ne voyait pas directement le mode de transformation indiqué, on pourrait penser que ces minéraux sont tous deux primaires dans la roche.

D'autres fois l'ouralitisation se produit à l'intérieur. Il naît alors isolément des taches de hornblende aux contours les plus variés et les plus bizarres, qui marbrent le cristal de pyroxène. Tantôt ces taches sont toutes orientées optiquement de la même façon et s'éteignent d'un seul coup par rotation de la platine du microscope, tantôt elles sont orientées d'une façon différente et s'éteignent autrement entre les nicols croisés. Ces cristaux de pyroxène tatoués d'amphibole sont très caractéristiques, ils sont reproduits fidèlement dans la coupe N° 1051 (page 204).

Quand le phénomène va plus loin, le cristal de pyroxène peut alors être complètement morcelé et réduit à quelques petits grains, isolés au milieu d'une masse grenue de cristaux d'amphibole ; puis quand la transformation est encore plus complète, tout le pyroxène disparaît. Dans ce dernier cas, ce qui avait été primitivement un seul cristal de diallage, devient alors une plage d'amphibole formée par un certain nombre d'individus grenus directement en contact, mais dont la dimension est pour chacun notoirement inférieure à celle du grand cristal de pyroxène. Cette transformation explique alors l'origine d'un fait que l'on observe bien souvent, à savoir que dans une roche où tous les éléments sont de grande taille, aussi bien le pyroxène que les plagioclases, la hornblende par contre, forme des associations grenues à indivi-

dus considérablement plus petits. Lorsque les taches de hornblende qui naissent dans le diallage ont la même orientation optique (ce qui est d'ailleurs exceptionnel), un seul et même cristal de diallage s'ouralitise alors pour donner naissance à un cristal unique de hornblende, il n'y a plus formation de plages à individus multiples, et la roche, par la dimension de ses éléments constitutifs, est alors identique aux gabbros ou aux pyroxénites ordinaires. On observe souvent aussi dans les cristaux de hornblende, une série de petites bulles ou vacuoles, qui sont généralement remplies par du quartz secondaire.

Plages de pyroxène en voie d'ouralitisation. Coupe n° 1051. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 37 diam. P = pyroxène. A = amphibole. La coupe montre des grandes plages de pyroxène complètement ouralitisées, tandis que sur d'autres le pyroxène est encore visible et marbré de taches d'amphibole.

MICA NOIR

Ce minéral, quand il existe, est toujours le premier élément consolidé après les minéraux accessoires; il précède donc le pyroxène. Il est généralement assez rare dans les roches du Katéchersky, bien souvent d'ailleurs il y fait complètement défaut. Les lamelles de ce minéral sont toujours fortement corrodées, elles renferment quelques grains de zircon auréolé, puis des jolis prismes d'apatite parfois terminés. La biotite s'éteint parallèlement au clivage p = (001), elle est uniaxe négative, toujours très polychroïque quand elle est fraîche. On observe en effet l'absorption suivante : n_g = rouge brun foncé, n_p = jaunâtre pâle. La biotite subit divers modes d'altération; dans certain cas c'est une chloritisation selon p = (001); la chlorite qui en résulte est vert pâle, toujours faiblement polychroïque: d'autres fois la biréfringence s'abaisse et le minéral voit sa transparence diminuer progressivement sans qu'il soit cependant possible de constater la production d'un minéral nouveau.

FELDSPATH

Dans la règle les feldspaths sont complètement décomposés et indéterminables. Sur quelques sections cependant, il a été possible de préciser leurs caractères. Ils sont généralement mâclés selon l'albite, beaucoup plus rarement selon Karlsbad ou la péricline. On trouve généralement plusieurs variétés de Labrador ou de Labrador-

Bytownite, comprises entre Ab_1 An_1 et An ; on rencontre plus rarement l'andésine basique Ab_3 An_3. Dans la règle les feldspaths sont toujours réduits par rapport à la hornblende.

QUARTZ

Le quartz ne se rencontre que dans un nombre restreint de cas; fréquemment il est secondaire, cependant dans certaines de ces roches, il est incontestablement parmi les éléments constitutifs et se présente alors en plages distinctes qui moulent les autres éléments.

MINÉRAUX SECONDAIRES

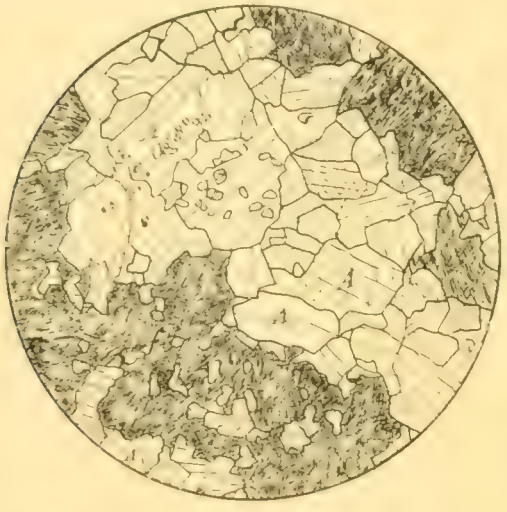
Ceux-ci consistent d'abord en kaolin qui remplace complètement le feldspath, à tel point même, que certaines roches du Katéchersky sont formées exclusivement par de la hornblende noyée pour ainsi dire dans une masse homogène formée par du kaolin et quelques lamelles biréfringentes. On trouve également de la chlorite qui peut alors avoir deux origines différentes; ou bien elle épigénise le mica parallèllement à p=(001), ou bien elle épigénise la hornblende; dans ce cas il se forme des plages chloriteuses absolument analogues à celles mentionnées à propos de certaines roches de la ligne de partage.

§ 4. *Structure et principales variétés.*

La structure des gabbros du Katéchersky est toujours grenue, elle présente différentes particularités qui dépendent du grain initial et du mode d'ouralitisation. Chez les variétés grossièrement grenues et d'aspect dioritique dans lesquelles les éléments noirs et blancs paraissent largement cristallisés, on observe toujours que les cristaux macroscopiques de hornblende ne sont en réalité pas des individus minéralogiques réunis par du feldspath, mais au contraire des véritables plages complexes, formées par une série d'éléments grenus, directement en contact les uns avec les autres, chacun ayant son orientation optique distincte. Ces plages proviennent, comme nous l'avons vu de grands cristaux de pyroxène transformés par ouralitisation, il est donc permis de supposer qu'originellement la roche était formée d'une association grossièrement grenue de pyroxène et de plagioclase. Le feldspath étant presque toujours kaolinisé, ces plages de hornblende à individus multiples sont disséminées dans une espèce de base qui les réunit et qui originellement était formée par de gros individus feldspathiques, lesquels par suite de la décomposition ont

perdu toute individualité et ont donné naissance à une masse kaolinique jouant en quelque sorte le rôle d'un ciment.

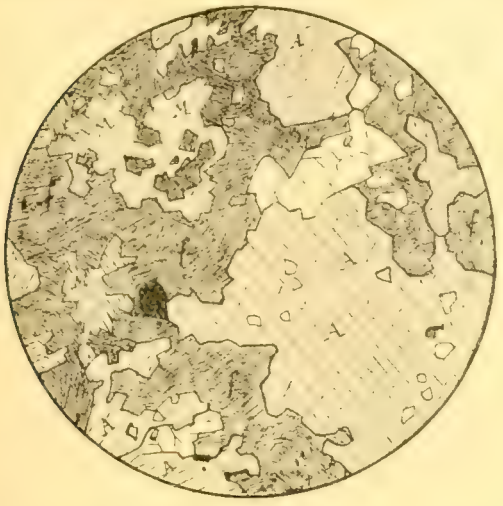
Souvent le pyroxène a complètement disparu, d'autrefois il en reste encore des traces; quant au mica noir, il existe dans un certain nombre des roches qui présentent ce type, mais il est réduit et se trouve en petites lamelles disséminées parmi les plages de pyroxène, il a été sans doute mis en liberté par l'ouralitisation de ce dernier. Lorsque les variétés du type grossièrement grenu sont très mélanocrates, la roche paraît alors presque entièrement formée par des cristaux courts et trapus de hornblende qui constituent en quelque sorte un canevas irrégulier dans les mailles duquel on trouve çà et là un peu de feldspath, ou plus généralement du kaolin qui le remplace. Parmi la hornblende on voit encore souvent des débris de pyroxène, puis aussi quelques lamelles de mica.



Gabbros ouralitisés. Coupe n° 1048. Lumière naturelle. Chambre claire. Grossissement = 13 diam. A = amphibole. f = feldspath formant la masse kaolinisée. La coupe montre une plage d'amphibole à individus indifféremment orientés, disséminés dans une masse kaolinique.

Certaines variétés, largement cristallisées également, présentent une structure spéciale, un peu différente de celle qui vient d'être décrite; elles sont toujours riches en mica noir. Ce minéral s'y présente en larges lamelles, complètement corrodées sur leur pourtour, qui ont parfois un aspect squelettique. La hornblende ne forme plus des associations grenues, mais par contre des grandes plages formées chacune par un seul individu; ces plages de hornblende sont aussi très fortement corrodées, leurs contours montrent de profondes échancrures dans lesquelles l'élément feldspathique a pénétré; la hornblende est d'ailleurs postérieure au mica qu'elle moule. Ce type ne renferme pas trace de pyroxène, à tel point que l'on pourrait croire que la hornblende y est primaire; en réalité il n'en est rien et l'on observe que certains cristaux de cet élément ont le centre à peine coloré et toujours plus biréfringent que la bordure qui, elle, est fortement polychroïque. Ce phénomène n'est point rare chez les amphiboles qui proviennent d'ouralitisation; il est l'indice d'une transformation incomplète du pyroxène. Les plages de hornblende sont localement criblées de petites vacuoles remplies de quartz, ces deux minéraux forment même des associations pœcili-

tiques semblables à celles que l'on observe dans certaines éclogites. Le feldspath dans ce type a également complètement disparu, la masse kaolinique qui le remplace pénètre dans les anfractuosités du mica et de la hornblende. Dans cette masse, on trouve en abondance des plages cunéiformes d'un quartz incontestablement primaire, qui devait sans doute combler les vides existants entre les cristaux du plagioclase disparu, ou peut-être former avec lui des associations pegmatoïdes comme le laisserait supposer le fait que plusieurs de ces plages voisines s'éteignent simultanément. Il est à remarquer que l'apatite est toujours très abondante dans ce type, le zircon s'y trouve aussi en inclusion dans la biotite. Lorsqu'on passe des variétés grossièrement grenues à celles à grain fin ou même qui sont presqu'aphanitiques, la structure reste identique à celle indiquée en premier lieu, mais la dimension des éléments constitutifs a pour résultat leur moindre localisation. Toute la roche paraît formée par de la hornblende en cristaux informes, groupés en petites plages composées de deux ou trois individus, jointe à des feldspaths presque toujours kaolinisés et remplacés par des produits opaques. La coupe N° 1018 représente la disposition indiquée ci-dessus. Le type représenté est très mélanocrate, le pyroxène en partie ouralitisé, et les feldspaths sont encore relativement frais. La disposition générale indiquée reste la même, que la roche soit mélanocrate ou leucocrate, dans le premier cas la hornblende forme le réseau dans les mailles duquel le feldspath a cris-



Gabbro ouralitisé à mica. Coupe n° 1015. Lumière naturelle. Chambre claire. Grossissement = 13 diam. A = amphibole. M = mica noir. f = feldspath kaolinisé. Q = quartz. Le dessin montre les plages corrodées de mica et d'amphibole dispersées dans l'élément feldspathique kaolinisé.

Gabbro ouralitisé à grain fin (faciès mélanocrate). Coupe n° 1018. Lumière naturelle. Les feldspaths en lumière polarisée. Grossissement = 13 diam. A = amphibole. P = pyroxène. f = feldspath.

tallisé, dans le second les petites plages d'amphibole gisent dans une masse kaolinique primitivement feldspathique qui prédomine.

Certaines roches du Katéchersky présentent enfin une dernière structure qui est assez curieuse. A l'œil nu, elles semblent être porphyriques et formées par des grands cristaux de feldspath disséminés dans une pâte mélanocrate grenue. Lorsqu'on les examine sous le microscope, on voit que cette pâte est formée par un mélange de grains isométriques de pyroxène et d'amphibole. Ces derniers proviennent certainement du morcellement de cristaux de pyroxène qui étaient primitivement de grande taille, par suite d'une ouralitisation affectant la forme tachetée, dont nous avons parlé précédemment. Quant aux grands cristaux de feldspath, ils sont entièrement kaolinisés et indéterminables. Cette structure pseudo-porphyrique résulte donc simplement d'un mode d'ouralitisation particulier.

PHÉNOMÈNES DYNAMIQUES

Ils sont très peu marqués sur les roches du Katéchersky, ce qui est d'autant plus curieux que nous avons vu qu'ils étaient très intenses au Pharkowsky-Ouwal, comme aussi à l'éperon du Koswinsky. Il est vrai cependant que les feldspath étant généralement entièrement kaolinisés, et le pyroxène transformé en amphibole grenue, il pourrait être difficile d'en constater la présence sur les roches du Katéchersky, en tous cas on n'observe jamais sur celles-ci des traces de laminage ou de déformation.

§ 5. *Monographie des types étudiés.*

TYPE GROSSIÈREMENT GRENU SANS MICA

N° 139. Extrémité nord du flanc méridional du Katéchersky.

Roche mélanocrate à grain plutôt moyen. Au microscope, la hornblende est formée par la réunion d'individus grenus diversement orientés, réunis en plages. Il existe également quelques grandes plages d'amphibole à extinction unique. L'angle d'extinction de la hornblende est de 20°, son polychroïsme se fait dans les tons vert ou vert jaunâtre. L'échantillon ne renferme plus trace de pyroxène. Le feldspath a également complètement disparu, il est remplacé par une masse kaolinique qui renferme çà et là quelques paillettes séricitiques. Il existe aussi quelques plages de quartz d'origine probablement secondaire.

N° 1018. Entre le premier et le second sommet du Katéchersky.

Cette variété renferme en abondance du diallage non transformé dont on trouve encore soit des noyaux intacts, soit des cristaux persillés de taches de hornblende. Le sphène est assez fréquent dans ce type, il se rencontre en petits grains grisâtres inclus dans le diallage et la hornblende. Hornblende très abondante, en cristaux courts, généralement associés en plages. Feldspaths plutôt rares, très décomposés, déterminables cependant sur quelques sections.

1. Section Sn_g mâclée selon Ab.

$$\left\{\begin{array}{lll} \text{Extinction de } 1\ Sn_g & = 18 & \\ \quad\text{»} \qquad 1' & = 2^\circ \text{ à } 3^\circ & \end{array}\right\} \text{— Labrador } Ab_1\ An_1.$$

2. Section Sn_g mâclée selon Ab.

$$\left\{\begin{array}{lll} \text{Extinction de } 1\ Sn_g & = 13 & \\ \quad\text{»} \qquad 1' & = 18^\circ & \end{array}\right\} \text{— Andesine à } 44\ {}^0/_0\ An.$$

3. Section SB.

$$\left\{\begin{array}{lll} \text{Extinction de } 1 & = SB & = 63^\circ \\ \quad\text{»} \qquad 1' & = 25^\circ & = 25^\circ \end{array}\right\} \text{— Labrador } Ab_1\ An_1.$$

4. Section mâclée selon Ab, zone de symétrie.

Le maximum observé ne dépasse pas 27°, et se tient autour de ce chiffre pour un grand nombre de sections. Probablement labrador $Ab_1\ An_1$.

Le quartz manque complètement, la structure est grenue et conforme à celle décrite précédemment.

N°s 1047 et 1048. Pitons en place formant le troisième sommet du Katéchersky vers l'est.

Cette très belle roche est largement cristallisée, et de facies mélanocrate; elle ne renferme plus que des traces de pyroxène marbré de taches de hornblende. Ce dernier élément, très répandu, y forme des associations grenues ordinaires; il renferme un peu de magnétite, et quelques rares apatites terminées. La hornblende est d'un beau vert d'herbe, très polychroïque, son extinction est de 20°, il n'y a pas de feldspath frais, mais par contre une masse kaolinique disposée entre les cristaux de hornblende.

N° 1049. Flanc nord, au-dessous du troisième sommet.

Cette roche, largement cristallisée, semble à l'œil nu seulement formée par l'élément noir. Les cristaux de hornblende sont courts et trapus, orientés dans tous les sens; il existe bien cependant çà et là quelques débris de pyroxène isolés entre les

grains de hornblende. Ce spécimen, par la rareté du feldspath et l'ouralitisation presque complète du pyroxène, montre comment les gabbros peuvent passer par ouralitisation aux hornblendites. La hornblende renferme quelques inclusions d'apatite, elle est d'un polychroïsme intense avec : n_g = vert foncé, n_p = jaune verdâtre très pâle. Les rares cryptes existant entre les cristaux de hornblende, sont remplies par du feldspath complètement kaolinisé.

N° 1051. Dans un pierrier, flanc sud du Katéchersky, sous le troisième sommet.

Cette roche ressemble beaucoup à la précédente, elle est cependant un peu plus feldspathique tout en restant fortement mélanocrate. Au microscope, la hornblende forme des plages à individus multiples provenant de l'ouralitisation des grands cristaux de pyroxène. Il reste quelques rares débris de ce dernier minéral tachetés d'amphibole. L'apatite se trouve en inclusions dans la hornblende, quant au feldspath, plutôt rare, il est complètement kaolinisé et indéterminable.

N° 1052. Sous le sommet N° 3, flanc sud.

Cette roche très mélanocrate, est surtout caractérisée par la dimension et le développement des cristaux de hornblende qui y présentent des formes beaucoup plus allongées que de coutume. Sous le microscope, il n'existe pas trace de pyroxène, la hornblende se présente en grands cristaux allongés selon la zone prismatique qui renferment quelques rares inclusions d'apatite. On observe quelques rares mâcles selon $h^1 = (100)$. L'extinction sur $g^1 = (010)$ est de 20°, les caractères optiques sont d'ailleurs identiques à ceux de la hornblende ordinaire, le polychroïsme est très intense et se fait comme suit : n_g = vert très foncé, n_p = vert jaunâtre. Entre les cristaux de hornblende, on trouve quelques grains d'un feldspath complètement kaolinisé qui a dû sans doute appartenir à une variété très basique. Il est remplacé par une masse à polarisation d'agrégat, qui est saturée de zoïsite, d'épidote et de calcite.

TYPE GROSSIÈREMENT GRENU AVEC MICA

N° 1015. Sous le premier sommet du Katéchersky, roche en place un peu au-dessus du col.

Cette roche plutôt mélanocrate, présente la structure spéciale mentionnée précédemment. La hornblende abondante forme des grandes plages composées d'un seul individu, puis toujours corrodées et renferment des inclusions d'apatite, beaucoup plus rarement de magnétite. La hornblende s'éteint à 22°, son polychroïsme se fait

dans les tons ordinaires. La biotite est plus rare, elle se présente en larges lamelles corrodées également, qui sont toujours plus ou moins profondément altérées. Le feldspath a disparu, il est remplacé par une masse kaolinisée distribuée entre les minéraux précédents. Dans celle-ci on trouve de nombreuses plages de quartz sans doute primaire, d'aspect cunéiforme.

N° 1020. Sous le troisième sommet, flanc sud, dans un pierrier.

Cette roche, très mélanocrate, est largement cristallisée; elle est alors d'un type différent, analogue aux roches correspondantes sans mica. Elle renferme du pyroxène rare persillé de hornblende en taches irrégulières, puis de la biotite en lamelles très nombreuses généralement chloritisée, toujours de première consolidation. La hornblende, très abondante, forme des plages grenues à individus raccourcis, son extinction est de 20°, son polychroïsme se fait dans les tons vert bleuâtre pour n_g, et jaune très pâle pour n_p. Le feldspath est complètement décomposé et remplacé par une masse kaolinique ordinaire. On ne rencontre ni sphène, ni quartz, ni magnétite.

N° 1050. Troisième sommet du Katéchersky, sur le flanc nord.

Cette roche foncée est grossièrement grenue et traversée par des filons de couleur vert pâle d'une roche très finement grenue, presque aphanitique. Elle renferme en parties égales l'élément noir et l'élément blanc. La structure est identique à celle du N° précédent; la biotite est rare et presque entièrement chloritisée, la hornblende forme des plages à individus multiples, qui renferment un peu d'apatite, de la magnétite, et quelques rares grains de zircon; son polychroïsme est plus faible que d'habitude, son extinction est de 20°. Les feldspaths sont altérés et transformés en kaolin.

N° 1017. Deuxième sommet du Katéchersky vers l'est.

Cette roche à grain un peu plus fin que les précédentes, est toujours mélanocrate et légèrement pyriteuse. La hornblende est ici très abondante, le pyroxène a entièrement disparu. Les plages à individus multiples résultant de son ouralitisation se touchent directement, ou laissent ci et là quelques vides remplis par du feldspath entièrement kaolinisé. Les cristaux de hornblende sont criblés de pores et de corrosions internes remplies de quartz secondaire. Le mica noir est très rare, on en trouve une ou deux lamelles seulement, il est toujours complètement chloritisé.

N° 1044. Flanc sud du Katéchersky, sous le troisième sommet.

La roche, d'un grain moyen, ne renferme plus de pyroxène ; le mica brun y est

relativement abondant et s'y trouve en petites lamelles dont le polychroïsme est plutôt faible et se fait dans les teintes habituelles. La hornblende forme l'élément prépondérant : elle est disposée en individus grenus, d'un polychroïsme intense, associés en plages. L'apatite et la magnétite sont assez fréquentes en inclusions; le zircon est rare. Quant aux feldspaths, ils sont remplacés par la masse kaolinique habituelle.

TYPE A GRAIN FIN

Nous grouperons sous cette rubrique deux catégories de roches assez différentes : les unes sont noirâtres, foncées, très finement grenues ou aphanitiques, les autres sont verdâtres, beaucoup plus claires et d'un grain également très fin. Vu la difficulté de rencontrer au Katéchersky des roches en place formant des affleurements suffisamment continus pour examiner les rapports qui lient les différentes variétés, il n'est pas possible de se prononcer à cet égard; cependant, le fait que nous avons trouvé le type finement grenu de couleur claire en filons bien caractérisés dans la roche mélanocrate à grain grossier largement cristallisé qui forme le troisième sommet, laisserait supposer peut-être que le type finement grenu est filonnien dans le premier. Faute de preuves absolues nous décrirons ces roches sans autres commentaires.

N° 138. Sous le flanc nord du premier sommet du Katéchersky.

Cette roche est verdâtre, très finement grenue, absolument semblable aux filons trouvés en place au troisième sommet. Sous le microscope, elle est formée par de la hornblende verte faiblement polychroïque, s'éteignant à 21°, disséminée dans une masse kaolinique prépondérante, provenant de la décomposition de feldspaths dont on ne trouve plus de traces. Quelques lamelles chloritisées de mica brun accompagnent cette biotite, on trouve également du quartz en grains idiomorphes, dispersés dans la masse feldspathique; ce quartz était sans doute primaire ; nulle part on ne rencontre trace de pyroxène et vu la nature spéciale de cette roche il est impossible de se prononcer sur l'origine de l'amphibole. Celle-ci est fréquemment chloritisée périphériquement.

N° 137. Même localité que le N° précédent, trouvé dans le même pierrier.

Cette roche noirâtre et finement grenue, ressemble à l'œil nu à une diorite ou mieux encore à une micro-diorite. Au microscope, la hornblende en est l'élément constitutif principal et bien qu'il n'existe plus de pyroxène visible, il est plus que probable que cette hornblende en provient. Elle s'éteint à 21° de son allongement,

son polychroïsme est intense et se fait dans les tons verdâtres. On trouve quelques lamelles de biotite altérée mêlée à la hornblende ; quant au feldspath, il est complètement décomposé. La structure est identique à celle observée et décrite à propos des individus à grain grossier, mais les plages à individus multiples sont formées ici seulement par deux ou trois cristaux.

N° 1014. Flanc nord du Katéchersky, au-dessous du col entre les deux premiers sommets.

Roche noire, finement grenue, paraissant à l'œil nu privée de feldspath. Sous le microscope cet échantillon reproduit trait pour trait la structure indiquée pour les roches mélanocrates à grain grossier. La hornblende forme des petites plages à deux ou trois individus, très rapprochées les unes des autres, formant le canevas dans les mailles duquel se trouvait primitivement le feldspath; ci et là on trouve encore quelques débris de pyroxène, il n'y a généralement ni apatite, ni magnétite en inclusion. Il n'existe plus de feldspath indéterminable, ce minéral est remplacé par une masse kaolinique opaque avec paillettes séricitiques.

N° 1016. Piton rocheux en place, sur l'extrémité la plus occidentale du sommet principal.

Cette roche noire, très finement grenue, est identique au type précédent. Sous le microscope, elle est formée par des petits grains de hornblende verte disséminée dans une masse kaolinique remplaçant le feldspath. Nulle part on ne trouve les traces du pyroxène, par contre, dans la masse kaolinique, on observe quelques grains de quartz arrondis, sans doute primaire, puis des lamelles de biotite complètement chloritisés.

N° 1018. Entre le premier et le second sommet, au col, sur un bloc anguleux.

Cette roche est absolument identique comme aspect à celles qui viennent d'être décrites, elle est toujours noirâtre, finement grenue, ne renferme plus de pyroxène; la description du numéro précédent s'applique sans restriction à celui-ci.

N° 1046. Dans un pierrier, sous le troisième sommet.

Roche mélanocrate, à grain un peu plus gros que celui des N^{os} précédents. Elle est formée exclusivement par de la hornblende et des feldspaths, qui, exceptionnellement, sont encore déterminables. La hornblende s'éteint à 20 ; ses propriétés optiques sont normales, son polychroïsme se fait dans les tons vert bleuâtre pour n_g, et vert jaunâtre très pâle pour n_p. Le feldspath se trouve en grains en partie complètement kaolinisés, dispersés parmi les cristaux grenus de hornblende;

quelques déterminations effectuées sur des sections propices ont donné les résultats suivants :

1° Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction de 1 Sn_p pour P = −64. || 1 pour Ab = +22 } = andésine entre
1′ = +65. || 1′ » = −24 } $Ab_5\ An_3$ et $Ab_1\ An_1$.

2° Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction de 1 Sn_p = 17° }
1′ = 20° } = andésine $Ab_5\ An_3$.

3° Section Sn_p.

Extinction de 1 Sn_p = 28 }
1′ = 30 } = labrador $Ab_1\ An_1$.

Partout où les feldspaths sont altérés, ils sont remplacés par un amas de kaolin avec quelques paillettes micacées.

§ 6. *Composition chimique et formule magmatique.*

Nous avons analysé un certain nombre des roches du Katéchersky en choisissant les types principaux des structures indiquées ci-dessus; les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Analyses.

	N° 1047.	N° 1048.	N° 1044.	N° 1046.	N° 1018.
SiO_2 =	48,42	47,64	48,21	48,65	47,99
Al_2O_3 =	15,96	16,76	18,37	17,17	17,76
Fe_2O_3 =	3,04	2,49	1.86	1,04	4.53
FeO =	8,73	7,96	9,87	10,81	8,08
CaO =	12,68	12,72	12,18	10,80	12,33
MgO =	6,88	6,41	5,24	7,17	5,15
K_2O =	0,24	0,43	3,63	4,08	0,43
Na_2O =	2,00	2,76			3,99
Perte au feu	1,61	2,63	1,78	1,65	1,83
	99,56	99,80	101,14	101,37	102,09

Les n°s 1047 et 1048 représentent le facies largement cristallisé.

Le N° 1044 est un type mélanocrate à grain moyen.

Le N° 1018 est un type finement grenu de même que le N° 1046.

Les analyses qui précèdent montrent donc que, quelque soit le type réalisé, les roches du Katéchersky présentent une composition chimique remarquablement uniforme et sont évidemment l'expression d'un seul et même magma différencié sous des formes différentes. Pour déterminer la formule magmatique nous prendrons donc la moyenne des résultats ci-dessus :

		Moyenne calculée sur 100 parties.		Quotients.		
SiO_2	=	48,73	0,8121			
Al_2O_3	=	17,39	0,1704	0,1867 R_2O_3		
Fe_2O_3	=	2,62	0,0163			
FeO	=	9,19	0,1276			
CaO	=	12,28	0,2193	0,5029 RO		
MgO	=	6,24	0,1560			0,5621 R_2O+RO
K_2O / Na_2O	=	3,55	0,0572	0,0572 R_2O		
		100,00				

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,48$

Rapport $R_2O : RO = 1 : 8,79$

Formule magmatique : $4,35\ SiO_2 : R_2O_3 : 3,01\ RO$

§ 7. *Roches filonniennes dans le Katéchersky, minéraux, structure.*

Ce que nous avons dit des roches du Katéchersky en général, dispense d'insister plus longuement sur les roches filonniennes que l'on y rencontre. Celles-ci, en effet, sont absolument identiques à certains types finement grenus trouvés dans les cailloux des pierriers et décrits précédemment. Là où ces roches ont été dûment constatées en filons, leur examen microscopique montre qu'elles sont formées exclusivement de petits cristaux de hornblende verte, disséminés dans une masse kaolinique primitivement feldspathique, qui prédomine toujours sur l'élément noir. Nous renverrons d'ailleurs aux paragraphes précédents pour la description détaillée de ces roches. Nous avons également rencontré au Katéchersky des roches assez curieuses, qui, à la vérité n'ont pas été trouvées en place, de sorte qu'il est difficile de se prononcer sur leur origine, mais qui selon toute vraisemblance doivent appartenir à la catégorie des roches filonniennes. A l'œil nu elles sont d'un vert noirâtre, et d'un grain toujours fin. Sous le microscope, ces roches sont formées par un agrégat grenu de cristaux de hornblende, réunis à quelques petites lamelles de mica noir, toujours très rare. La hornblende est allongée selon la zone du prisme, les clivages $m = (110)$ y sont

nets, les mâcles $h^1 = (100)$ rares. L'allongement est positif, sur $g^1 = (010)$, l'extinction de n_g se fait à 22° de l'allongement, le plan des axes est parallèle à $g^1 = (010)$ la bissectrice aiguë est négative, l'angle des axes est grand, la biréfrigence $n_g - n_p = 0{,}023$, quant au polychroïsme, il est faible et se fait comme suit : n_g = vert très pâle, n_p = vert jaunâtre presque incolore. La hornblende renferme quelques rares inclusions de magnétite. La biotite est toujours considérablement réduite par rapport à la hornblende et se trouve seulement sur certains points, partout on peut constater qu'elle moule nettement la hornblende et lui est certainement postérieure. Cette biotite est de couleur rougeâtre, fortement polychroïque, et présente les caractères optiques précédemment décrits à propos de ce minéral ; elle se chloritise parallèlement à $p = (001)$, la chlorite qui en résulte est incolore. Cette roche ne paraît pas avoir renfermé de feldspath ou si toutefois cet élément a existé, il était en tout cas fort rare ; nous considérons cette variété comme une hornblendite, et nous pensons qu'elle est filonnienne. Son amphibole par la faiblesse de son polychroïsme et par son habitus, paraît être différente de celle que l'ont trouve dans les gabbros ouralitisés.

§ 8. *Considérations générales relatives au Katéchersky.*

Les paragraphes qui précèdent ont montré l'uniformité pétrographique des différentes roches rencontrées au Katéchersky. Toute cette montagne d'un bout à l'autre est donc bien formée par des gabbros ouralitisés qui constituent ainsi un massif intercalé entre les pyroxénites de Koswinsky, et les roches analogues qui forment le Tilaï et dont nous parlerons plus tard. Si l'on tient compte du fait que sur la ligne de partage des eaux de la petite Koswa et de la rivière Kitlim nous avons trouvé des roches identiques à celles du Katéchersky et qu'au Kitlimsky-Ouwal les variétés dynamo-métamorphiques observées se rattachent toujours au même type pétrographique, il paraît donc à peu près évident que le dôme de koswite qui forme le Koswinsky proprement dit est circonscrit sur ses flancs nord, nord-est, est, et en partie sud-est, par des gabbros ouralitisés qui représentent dans leur ensemble un magma plus feldspathique, plus pauvre en magnésie, plus riche en alumine et légèrement alcalifère. Or, sur les flancs sud, sud-ouest et ouest, nous avons vu que la koswite est également flanquée d'une ceinture de gabbros plus basiques évidemment que ceux du Katéchersky, mais qui n'en constituent pas moins un type alcalifère différent de la koswite ; on peut donc se représenter le massif du Koswinsky comme formé par une boutonnière de koswite affleurant au centre d'une ceinture de gabbros variés qui représente peut-être un second produit différencié au détriment d'un même magma initial.

Genève, juin 1902.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

PRÉFACE. . 57

DIVISION DU TRAVAIL ET INDICATIONS GÉNÉRALES . 59

BIBLIOGRAPHIE 62

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — OROGRAPHIE GÉNÉRALE 65
§ 1. Situation géographique de la région étudiée 65
§ 2. Caractère général des chaînes 66
§ 3. Les chaînes occidentales entre la Kama et la Koswa 67
§ 4. La chaîne de l'Aslianka-Dikar-Ostry . 67
§ 5. La chaîne du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï 68
§ 6. La région comprise entre l'Aslianka et le Koswinsky. 69
§ 7. Les montagnes situées à l'est de la ligne de partage. 70
§ 8. Répartition des zones occupées par les principales formations . 70

CHAPITRE II. — HYDROGRAPHIE 72
§ 1. La Koswa depuis sa source jusqu'au confluent de Tépil . 72
§ 2. La rivière Tilaï . 73
§ 3. La rivière Kyria. 74
§ 4. La rivière Tépil. 74
§ 5. Les rapides de Touloum 75
§ 6. La Koswa entre Verkh-Koswa et Troïtsk. 75

CHAPITRE III. — CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES DE LA CONTRÉE 77
§ 1. Notions générales sur le climat . 77
§ 2. Végétation, flore, faune, etc.. . 79
§ 3. Population, habitation, coutumes 81
§ 4. Moyens de locomotion, communications, etc. . . 84

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE IV. — TOPOGRAPHIE DE KOSWINSKY-KAMEN 87
§ 1. Le dôme central du Koswinsky 87
§ 2. Le Pharkowsky-Ouwal . 89
§ 3. Le Sosnowsky-Ouwal 90
§ 4. Le Malinky-Ouwal. 90
§ 5. Le Kroutoï-Ouwal. 91
§ 6. La dépression de la rivière Tilaï. 91
§ 7. La chaîne du Kalpak-Soukogorsky et le Kitlimsky-Ouwal 93
§ 8. La ligne de partage des eaux au Koswinsky 94
§ 9. L'éperon du Koswinsky 95

CHAPITRE V. — HYDROGRAPHIE DU KOSWINSKY. 97
§ 1. Généralités sur les cours d'eau 97
§ 2. Les affluents de la Koswa. 98
§ 3. Les affluents de la Tilaï. . 99
§ 4. Les affluents de la Kitlim. . 99

CHAPITRE VI. — GÉOLOGIE DU KOSWINSKY. 99
§ 1. La « Koswite » au Koswinsky. 99
§ 2. Roches filonniennes dans la Koswite . 100
§ 3. L'éperon du Koswinsky et les dunites massives. 102
§ 4. Les gabbros à olivine du Pharkowsky et du Malinky-Ouwal. . 104
§ 5. Les dunites massives au Sosnowsky-Ouwal. 105
§ 6. La zone des diabases du Kroutoï-Ouwal. 106
§ 7. Géologie de la dépression des sources de Logwinska. 107
§ 8. Les roches de la ligne de partage et du Kitlimsky-Ouwal 108
§ 9. La chaîne du Kalpak-Soukogorsky. 109

CHAPITRE VII. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LA KOSWITE. 110
§ 1. Minéraux constitutifs de la Koswite . 110
§ 2. Structure microscopique 111
§ 3. Phénomènes d'altération et de dynamo-métamorphisme. 113
§ 4. Différentes variétés et formes de passage aux pyroxénites 115
§ 5. Monographie des types étudiés 116
§ 6. Composition chimique de la Koswite et formule magmatique. 119
§ 7. Place de la Koswite dans la classification pétrographique et considérations générales relatives à cette roche . 120

Pages.

CHAPITRE VIII. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES ROCHES FILONNIENNES DANS LA KOSWITE 121
§ 1. Généralités sur la formation filonnienne. 121
§ 2. Les dunites sideronitiques, minéraux constitutifs, structure 125
§ 3. Monographie des dunites étudiées . 127
§ 4. Composition chimique et formule magmatique 127
§ 5. Les diorites-aplites et les plagiaplites, minéraux constitutifs, structure. . 129
§ 6. Monographie des types étudiés . 131
§ 7. Composition chimique des diorites-aplites et des plagiaplites 134
§ 8. Les diorites filonniennes anorthiques 135
§ 9. Similitude de la formation filonnienne dans la koswite et le granit . 137

CHAPITRE IX. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES GABBROS A OLIVINE DU PHARKOWSKY ET DU MALINKY-OUWAL . 138
§ 1. Généralités sur les gabbros, minéraux constitutifs, structure, altérations et phénomènes dynamiques . . 138
§ 2. Monographie des types étudiés 142
§ 3. Composition chimique et formule magmatique 145
§ 4. Les pyroxénites, minéraux, structure, etc 147
§ 5. Monographie des pyroxénites étudiées 149

CHAPITRE X. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. ROCHES FILONNIENNES DANS LES GABBROS ET LES PYROXENITES 152
§ 1. Les diorites filonniennes leucocrates, minéraux, structure, composition chimique. 152
§ 2. Les pyroxénites filonniennes (micro-pyroxénites), minéraux, structure, etc. . 154
§ 3. Les micro-gabbros, minéraux constitutifs, structure, composition chimique et formule magmatique . 154

CHAPITRE XI. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES DUNITES MASSIVES DE L'ÉPERON DU KOSWINSKY ET DU SOSNOWSKY-OUWAL 158
§ 1. Composition minéralogique de la dunite, structure 158
§ 2. Altérations secondaires et serpentinisation. 160
§ 3. Monographie des types étudiés . 161
§ 4. Composition chimique des dunites et formule magmatique. 163

Pages.

CHAPITRE XII. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES ROCHES EN FILONS DANS LA DUNITE 165
§ 1. Généralités sur les roches filonniennes. 165
§ 2. Les granulites filonniennes à plagioclase (plagiaplites micacées), minéraux, structure, composition et formule magmatique 165
§ 3. Les albitites, structure, composition chimique. 168
§ 4. Les diorites anorthiques, minéraux, structure, composition chimique. . . 170
§ 5. Les Wehrlites filonniennes, minéraux, structure, composition chimique. . . 172
§ 6. Considérations relatives à la formation filonnienne dans son ensemble. . . . 174

CHAPITRE XIII. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES DIABASES DU KROUTOÏ-OUWAL 177
§ 1. Généralités sur les diabases et sens affecté à cette dénomination. 177
§ 2. Minéraux constitutifs et principales structures 178
§ 3. Monographie des types étudiés . 183
§ 4. Composition chimique et formule magmatique. 189

CHAPITRE XV. — DESCRIPTION DES ROCHES DU KOSWINSKY. LES GABBROS OURALITISÉS DE LA LIGNE DE PARTAGE 191
§ 1. Généralités sur les roches de la ligne de partage et monographie des types étudiés. 191
§ 2. Les roches du Kitlimsky-Ouwal 194

TROISIÈME PARTIE

LA MONTAGNE DU KATÉCHERSKY

CHAPITRE XV. — TOPOGRAPHIE, GÉOLOGIE ET DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE DES ROCHES DU KATÉCHERSKY 197
§ 1. Topographie du Katéchersky 197
§ 2. Géologie du Katéchersky. 199
§ 3. Les gabbros ouralitisés, minéraux constitutifs et secondaires 201
§ 4. Structure et principales variétés 205
§ 5. Monographie des types étudiés . . . 208
§ 6. Composition chimique et formule magmatique 211
§ 7. Roches filonniennes dans le Katéchersky, minéraux, structure. 215
§ 8. Considérations générales relatives au Katéchersky 216

EXPLICATION DE LA PLANCHE 1

La carte du Koswinsky que nous avons coloriée géologiquement, est la reproduction photographique d'un relief sur plâtre, exécuté par M. Perron, l'auteur du grand relief de la Suisse de $\frac{1}{100000}$, d'après les indications que nous lui avons fournies. Nous avons pris comme canevas topographique la position des rivières de la contrée, telle qu'elle est donnée sur la carte $\frac{1}{420000}$ de Russie, en complétant ces données, souvent trop incertaines ou inexactes, par de nombreuses observations nouvelles, par la détermination de cotes barométriques, et surtout par des photographies prises depuis des points très différents. Cette carte, comme on le comprendra aisément, ne peut avoir dans ces conditions la prétention de réaliser une grande exactitude topographique, nous pouvons seulement affirmer qu'elle reproduit avec une grande vérité l'aspect de la contrée et les formes caractéristiques du terrain : on pourra d'ailleurs s'en convaincre en comparant cette carte avec les différentes vues du Koswinsky reproduites dans cet ouvrage. Pour la construction du relief, on a pris les hauteurs normales qui n'ont point été exagérées, les cotes prises comme base sont celles marquées sur la carte; quant aux contours géologiques ils ont été fixés aussi exactement que possible, vu l'état du sol.

Nous tenons à remercier ici M. Perron du concours efficace qu'il a bien voulu prêter pour mener à bien la difficile entreprise de représenter la topographie d'une contrée avec les bases que nous avions et bien que sa réputation ne soit plus à faire, nous nous plaisons à reconnaître l'intelligence qu'il a apportée à interpréter, sur quelques données seulement, les formes du terrain dans une région qui lui était totalement inconnue.

CARTE GÉOLOGIQUE de la RÉGION IMMÉDIATE du KOSWINSKY

LÉGENDE des COULEURS

- Koswite
- Dunites
- Gabbros alternant avec des pyroxenites
- Gabbros ouralitisés
- Diabases
- Schistes cristallins

EXPLICATION DE LA PLANCHE 2

N° 7. Koswite en lumière polarisée : grossissement = 13 diam.

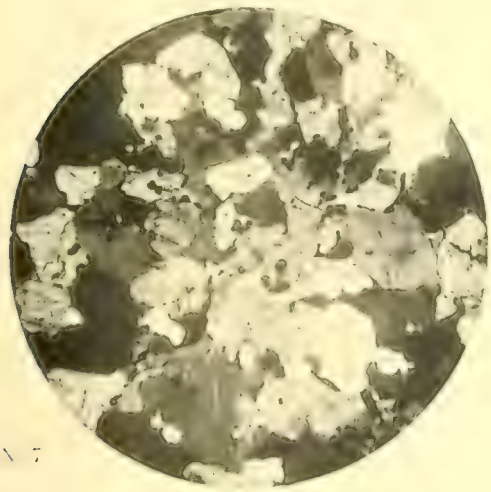
N° 7 bis. Koswite en lumière naturelle : grossissement = 37 diam. La préparation montre la hornblende enveloppant la magnétite et moulant directement les pyroxènes.

N° 134. Dunite massive, lumière polarisée : grossissement = 13 diam. Olivine avec développement de fissures serpentineuses; dans l'olivine, grains de fer chromé.

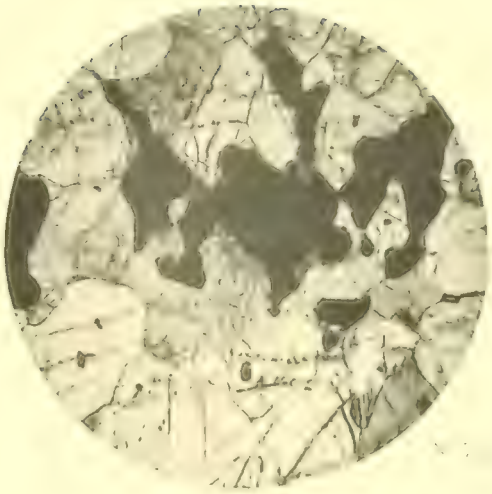
N° 1026. Plagiaplite en lumière polarisée : grossissement = 13 diam. Les plagioclases à centre kaolinisé et à bordure fraîche y sont moulés par le quartz.

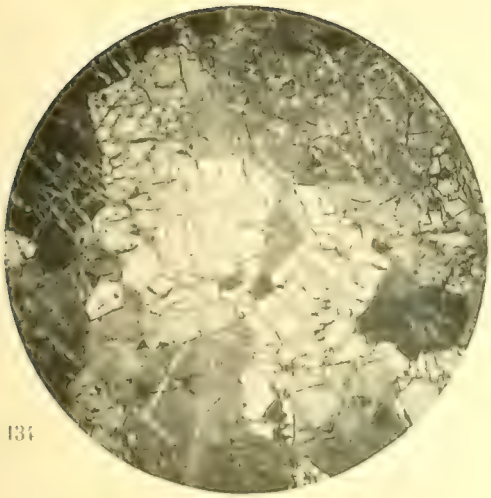
N° 1032 Plagiaplite micacée (plagiogranulite filonnienne) en filons dans la dunite massive. Lumière polarisée : grossissement = 13 diam.

N° 1036. Diorite anorthique filonienne en lumière polarisée : grossissement = 13 diam.

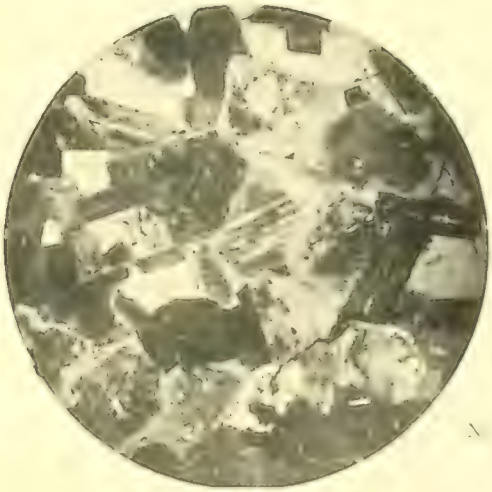


N. 7

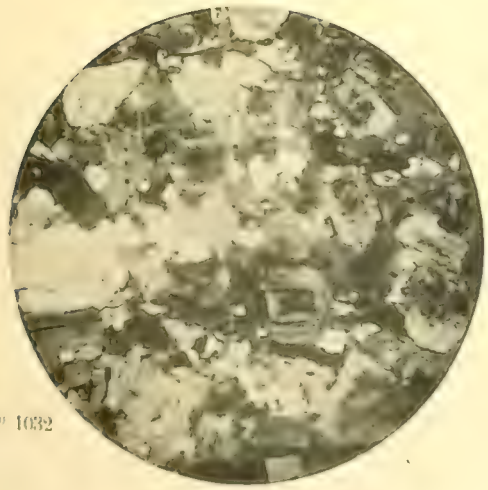




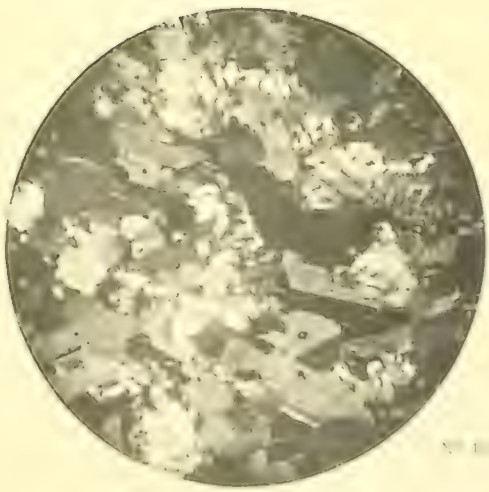
N° 134



N. 1626



N° 1632



Louis Duparc et Francis Pearce. Recherches pétrographiques sur l'Oural. (Pl. 2

EXPLICATION DE LA PLANCHE 3

N° 12. Gabbro à olivine du Pharkowsky-Ouwal en lumière polarisée : grossissement = 22 diam. La préparation montre le diallage et l'olivine en cristaux de grande taille disséminés dans une masse plus finement grenue formée par les mêmes éléments, le feldspath en plus.

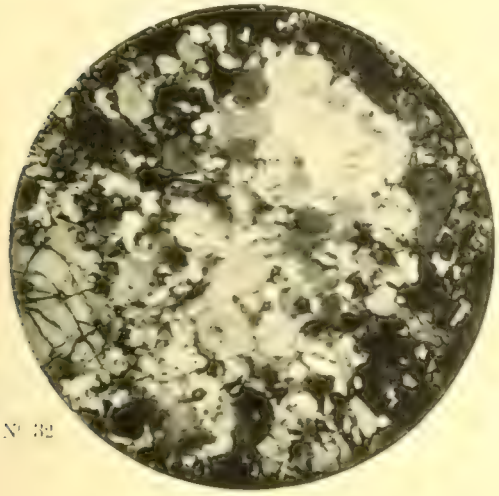
N° 190. Pyroxénite berges de Logwinska. Lumière polarisée : grossissement = 13 diam. L'échantillon montre les grands cristaux de pyroxène et d'olivine dispersés dans une masse réduite, panidiomorphe grenue, formée des mêmes éléments.

N° 400. Micropyroxénite provenant du Pharkowsky-Ouwal, lumière polarisée : grossissement = 13 diam.

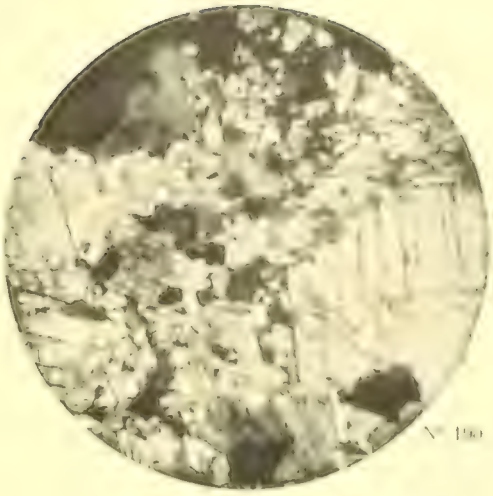
N° 441. Microgabbro-porphyrique provenant du Pharkowsky-Ouwal : grossissement = 13 diam. Lumière polarisée. La coupe montre les grands cristaux chargés d'inclusions du pyroxène, disséminés dans la pâte holocristalline grenue.

N° 115. Diabase du Kroutoï-Ouwal (type doléritique) : grossissement = 13 diam. Lumière polarisée. La coupe montre les plages ophitiques de l'augite dispersées dans une masse kaolinique provenant de la décomposition des feldspaths.

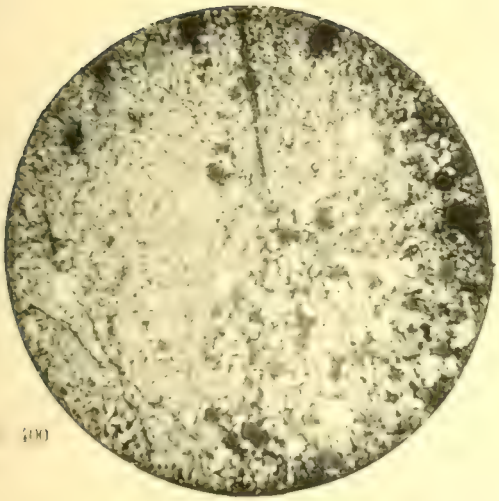
N° 702. Diabase du Kroutoï-Ouwal (type basaltite) : grossissement = 22 diam. Lumière polarisée. La préparation montre quelques phénocristaux d'augite disséminés dans une masse séricito-kaolinique provenant de la décomposition de la pâte.



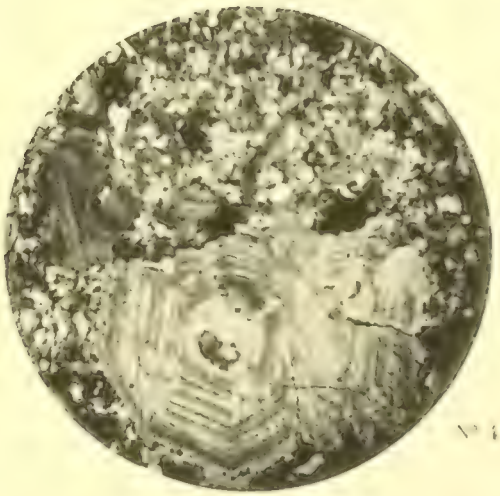
N° 32



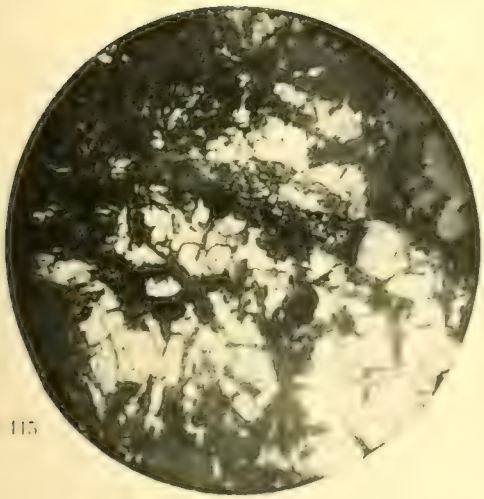
N° 100



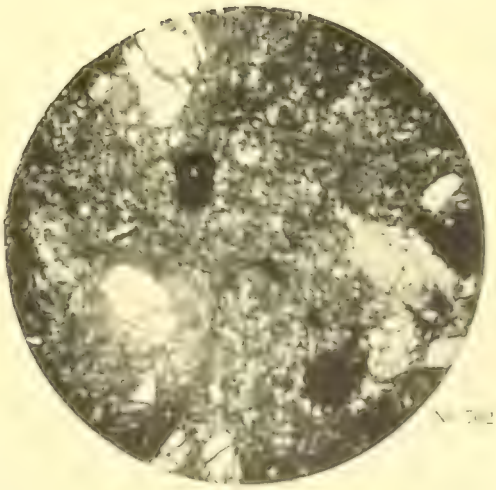
N° 400



N° 441



N° 115



N° 702

EXPLICATION DE LA PLANCHE 4

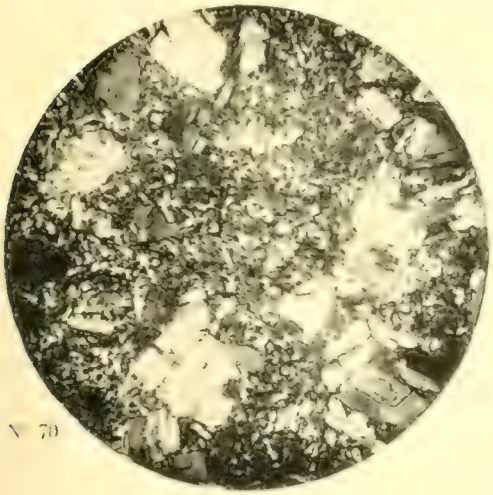
N° 70. Diabase de Kroutoï-Ouwal (type andésitique porphyrique) : grossissement = 13 diam. Lumière polarisée. La coupe montre des phénocristaux de plagioclase disséminés dans une pâte microlithique altérée.

N° 1015. Gabbro ouralitisé du Katéchersky, type à grain grossier, avec mica : grossissement 13 diam. Lumière polarisée. La coupe montre des plages corrodées de mica noir d'amphibole et de quartz, disséminées dans une masse kaolinique résultant de la décomposition du feldspath.

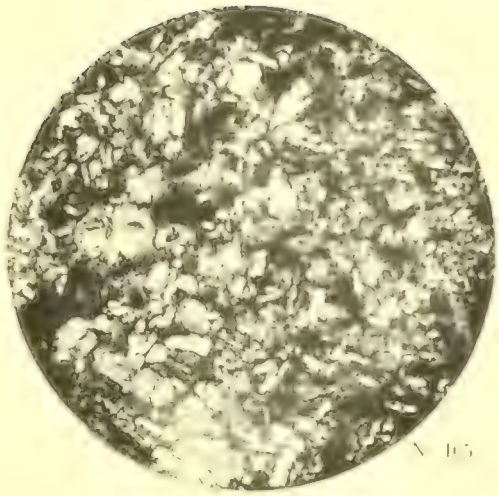
N° 1018. Gabbro ouralitisé du Katéchersky : type grossièrement grenu : grossissement = 13 diam. Lumière polarisée. Plages et ouralitisation à associations d'individus grenus de hornblende, disséminées dans une masse kaolinique remplaçant le feldspath.

N° 1018. Gabbro ouralitisé du Katéchersky : grossissement = 13 diam. Lumière polarisée. Plages de diallage persillées d'amphibole d'ouralitisation.

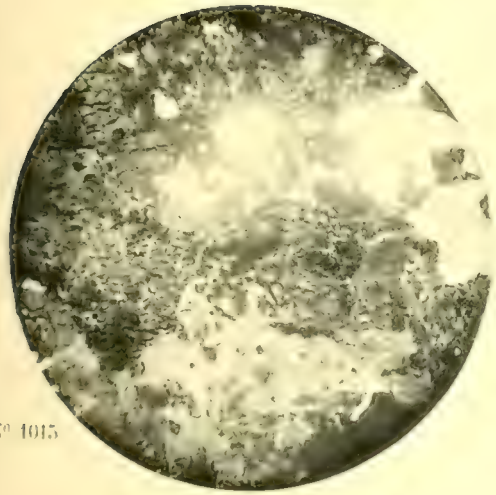
N° 1016. Gabbro ouralitisé du Katéchersky. Type à grain fin : grossissement = 22 diam. Lumière polarisée.



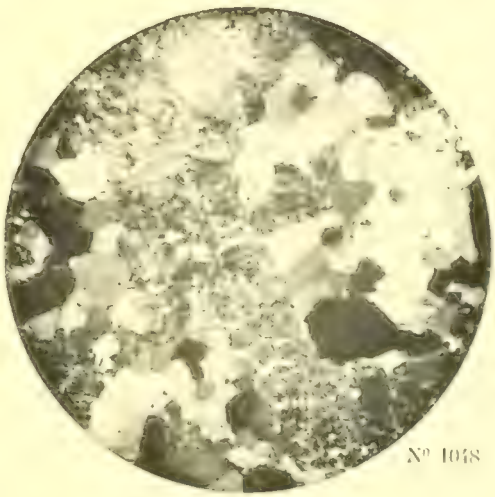
N° 70



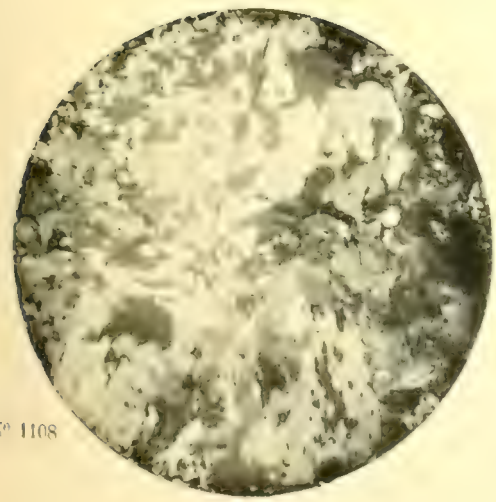
N° 105



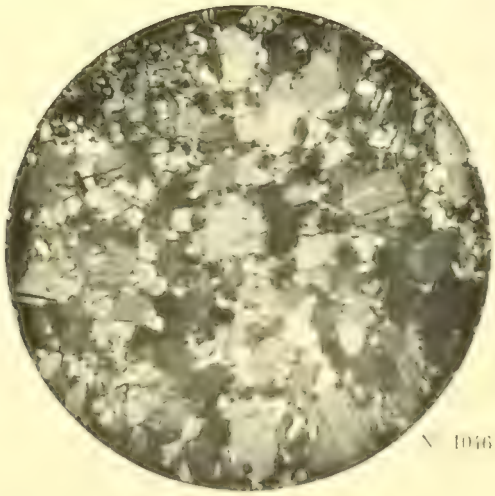
N° 1015



N° 1048



N° 1108



N° 1046

Louis Duparc et Francis Pearce. Recherches pétrographiques sur l'Oural. (Pl. 4

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut encore disposer d'une collection complète de ses *Mémoires*. (Tomes I-XXXIII et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : au Musée d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XVIII (1884-1901). Prix Fr. 20

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8 avec supplément (1896). Prix . . . . . Fr. 10

Imprimerie W. Kundig & Fils, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 34

Fascicule 3 — (Mars 1903)

Rapport du président pour l'année 1902

Leguminosæ Langlasseanæ

par **Marc MICHELI**

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

PRIX : FR. 15

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 3, VOLUME 34

Pages

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1902 par M. le professeur Philippe-A. Guye 219

Marc Micheli. Leguminosæ langlasseanæ. Légumineuses récoltées dans les Etats mexicains de Michoacan et de Guerrero, pendant les années 1898 et 1899 par Eugène Langlassé. Avec 28 planches[1]. 243

[1] Voir page 244 l'avis relatif à la numérotation des planches.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1902

PAR

M. le professeur Philippe-A. GUYE

Messieurs et honorés Collègues,

J'ai à vous rendre compte de l'activité de notre Société pendant l'année qui vient de s'écouler. Conformément à l'usage, je vous donnerai d'abord quelques renseignements sur les questions administratives pour vous rappeler ensuite la vie et l'œuvre scientifique des confrères dont nous avons à déplorer la perte; enfin je récapitulerai les divers travaux présentés dans nos séances.

Au mois de janvier vous avez nommé à la vice-présidence M. Paul van Berchem qui occupera la présidence cette année; MM. Emile Ador et Ch. Soret ont remplacé au comité de publication les deux membres sortants ; M. Briquet a été désigné pour remplacer M. van Berchem.

En juillet, à la suite du décès de votre regretté président, M. Marc Micheli, dont nous retracerons tout à l'heure la vie si bien remplie, vous avez appelé à la présidence l'auteur de ce Rapport.

Nous avons reçu la démission d'un de nos membres ordinaires, M. H. Auriol qui s'est fixé à Montpellier, et d'un de nos associés libres, M. Paul Dutoit qui s'est définitivement établi à Lausanne à la suite de sa nomination comme professeur à l'Université de cette ville.

Les vides ainsi produits ont été comblés par la nomination de cinq membres ordinaires, MM. Jules Micheli, B.-P.-G. Hochreutiner, Al. Bach, T. Tomasina, F. Battelli. D'autre part M. Emile Burnat a passé membre émérite.

Nous avons eu la douleur de perdre un de nos membres ordinaires, M. Marc Micheli; cinq membres honoraires, M. Alb. Falsan, M. le prof. A. Cornu, M. le prof. Hervé Faye, M. le prof. B. Wartmann, M. le prof. Ch. Dufour, enfin deux associés libres, M. Ch. Rigaud et M. Max Perrot.

Nous avons eu cette année 18 séances régulières.

Votre Société a pris une part active à la réunion de la Société Helvétique des Sciences naturelles qui a eu lieu cette année à Genève. Cette solennité nous a donné l'occasion de recevoir nos excellents collègues de la Suisse, ainsi que plusieurs de nos membres honoraires étrangers, MM. Blondlot, Ramsay, Spring, Ebert, Noelting, Blaserna, Longuinine, qui ont bien voulu honorer cette réunion de leur présence. Votre Société s'est fait représenter au Jubilé de notre distingué membre honoraire, le prof. Henri Dufour, à Lausanne, auquel une adresse a été remise de votre part. Enfin à l'occasion du cinquantième anniversaire de son Doctorat, M. J. Coaz, à Berne, a été élu au nombre de nos membres honoraires.

Nos Mémoires ont paru cette année conformément au système que vous avez approuvé l'année dernière, en deux fascicules du tome 34; le premier contient des documents administratifs, le second, un travail de M. le prof. Duparc sur l'Oural du Nord.

En outre, deux superbes volumes « hors série » contenant la réimpression des œuvres de J.-C. G. de Marignac ont été publiés cette année sous les auspices de notre Société : ils constituent le plus beau monument que l'on pût élever à la mémoire de ce savant émérite.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

MARC MICHELI[1]

Lorsque la mort nous enlève un homme dont la tâche est terminée, c'est l'ami, le maître ou le conseiller que nous pleurons; mais nous savons que son œuvre est accomplie et ses exemples nous restent. Combien elle nous paraît plus inexorable

[1] Consulter les notices biographiques de M. C. de Candolle, du *Journal de Genève*, 30 juin 1902, et de M. Briquet. *Bull. Soc. botanique de France*. T. XLIX, p. 177 (1902).

quand c'est un savant, dans la force de l'âge, en pleine vigueur physique, intellectuelle et morale, qui soudain disparaît; des trésors d'intelligence nous semblent comme ravis sur lesquels nous avions déjà compté. De là cette émotion que nous avons si vivement ressentie lorsque s'est répandue le 29 juin dernier la nouvelle que Marc Micheli nous était enlevé, qu'il ne présiderait point notre Société dans ces belles réunions de la Société Helvétique des Sciences naturelles qui devaient avoir lieu peu après dans notre ville.

Marc Micheli est né à Genève le 5 octobre 1844. Son père, Jean-Louis Micheli, un homme de bien, dans la plus complète acception de ce terme, et son grand-père François-Jules Micheli, avaient rempli diverses fonctions publiques où ils avaient fait preuve de grandes qualités d'intelligence et de dévouement. Son trisaïeul François-Gratien Micheli (1705-1785), connu sous le nom de Micheli du Crest, avait été un des collaborateurs de de Saussure qui cite fréquemment dans ses Mémoires sur la météorologie les observations faites par lui à Jussy. Marc Micheli fit ses premières études à l'Académie de Genève où il montra de bonne heure un goût très marqué pour les sciences naturelles. En 1863 il se rendait à Edimbourg avec l'intention d'y étudier la médecine; mais il y renonça bientôt pour se vouer à l'étude de la botanique vers laquelle l'avait attiré l'enseignement du professeur Balfour. L'année suivante, nous le trouvons à Heidelberg, élève de Hofmeister, dont les travaux sur l'anatomie et la morphologie végétale venaient de frapper l'attention du monde savant. De 1866 à 1868, il séjourne à l'Université de Bonn où la physiologie végétale était l'objet d'un enseignement magistral donné par l'illustre Sachs. C'est dans son laboratoire qu'il fit ses premières recherches, publiées en 1867 dans les « Archives des Sciences physiques et naturelles » sous ce titre : « Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle. » C'est à la suite de la présentation de ce travail qu'il fut reçu membre de notre Société. Frappé des progrès accomplis en Allemagne dans le domaine de la physiologie végétale, il entreprit alors la traduction française du traité de physiologie expérimentale de Sachs qui venait de paraître et constituait une remarquable mise au point de ces questions. En moins d'un an, il menait à bien cette lourde tâche.

Ces débuts dénotaient chez Micheli un goût prononcé pour la physiologie et de réelles aptitudes pour les travaux de laboratoire. Aussi s'est-on parfois étonné qu'il n'ait pas, dans la suite, poursuivi ce genre de recherches pour lequel il était admirablement préparé (de Candolle).

Il continua néanmoins à porter à ces questions un très grand intérêt, il fit paraître dans les « Archives » de 1871 à 1879 des comptes rendus sur les principales publications concernant la physiologie végétale.

De retour à Genève, et passant la plus grande partie de l'année dans sa propriété du Crest, qui a été pour lui le centre de tous ses intérêts et de toutes ses affections, Micheli partagea dès lors son temps entre ses travaux scientifiques et les affaires publiques auxquelles il a consacré une grande partie de sa vie. Nous allons essayer de résumer cette double activité.

Mettant à profit les ressources abondantes que l'on trouve à Genève pour les travaux de botanique systématique, Micheli s'adonna avec une prédilection marquée aux recherches ayant pour objet des chapitres de cette branche importante de la science. C'est ainsi qu'il entreprit en premier lieu, à la demande de Eichler, la description des Onagrariacées du Brésil, publiée dans la « Flora brasiliensis » en 1877 ; déjà en 1874 quelques résultats partiels de ces études avaient fait l'objet de notes isolées.

C'est également à peu près à la même époque qu'Alphonse de Candolle, qui tenait Micheli en grande estime, désira se l'attacher comme collaborateur aux « Monographiæ phanerogamarum ; » trois monographies insérées dans le tome III de ce recueil sont dues à sa plume ; elles concernent les Alismacées, Butomacées et Juncaginées, familles de plantes aquatiques de la classe des Monocotylédones.

Ces divers travaux qui se rapportaient à des espèces de l'Amérique du Sud fournirent à Micheli l'occasion d'étudier de plus près des collections rapportées du Paraguay par Balansa, sur la valeur desquelles on n'avait pas assez insisté. Seul, ou aidé de quelques collaborateurs, il entreprit une série de travaux descriptifs ayant pour but de faire connaître la flore de cette contrée. Son premier mémoire sur ce sujet a été publié en 1883, sous le titre « Contribution à la Flore du Paraguay. » Il a été suivi de plusieurs suppléments relatifs au même groupe de plantes. Au cours de ces recherches Micheli avait acquis une connaissance spéciale des Légumineuses, pour lesquelles il était devenu une autorité. On lui en envoyait de tous pays. C'est ainsi qu'il a été amené à publier divers mémoires importants sur les légumineuses de l'Equateur, de la Colombie, de Costa Rica, du Guatemala, du Mexique, du Brésil et même de l'Afrique équatoriale.

Ces recherches de botanique systématique ont toujours eu pour Micheli un grand attrait. Récemment encore il subventionna plusieurs expéditions en Orient, en Colombie et surtout au Mexique (1898) où un habile explorateur, le regretté Langlassé, reçut la mission de récolter des plantes dans la province de Guerrero ; la description de ces plantes constitue la dernière œuvre de Micheli ; cette belle monographie sera insérée dans nos « Mémoires » en même temps que la présente notice.

Cette exploration de Langlassé nous amène tout naturellement à considérer

une autre face de l'activité scientifique de Micheli : nous voulons parler de la botanique horticole qui a toujours exercé sur lui un grand attrait et qu'il a cultivée en réunissant de la façon la plus heureuse la science et la pratique. Fidèle à la tradition de son père et de son grand-père, qui avaient été des amateurs passionnés de plantes, il a développé et créé dans les jardins et les serres de sa propriété du Crest une des plus belles collections de plantes vivantes de notre temps ; véritable centre d'horticulture européenne.

C'est ainsi qu'il est parvenu à acclimater plus de 2000 espèces exotiques de plein air, auxquelles il vouait un intérêt particulier ; ses serres, de construction plus récente, abritent aussi de nombreuses espèces des régions tropicales qu'il a été le premier à transplanter en Europe, en particulier, les plantes vivantes récoltées par Langlassé. Ces travaux qui constituaient ce que M. C. de Candolle a appelé très heureusement un « véritable essai de géographie botanique expérimentale » lui avaient acquis une grande notoriété en horticulture et floriculture ; sa compétence, en ces matières, était reconnue de tous, dans notre pays et à l'étranger ; il faisait régulièrement partie de tous les jurys des expositions internationales d'horticulture où ses conseils et ses avis étaient très écoutés. Micheli a d'ailleurs publié, en 1896, sur les plantes de plein air, acclimatées par lui dans ses jardins du Crest, une sorte de catalogue fort bien conçu, donnant tous les détails les plus utiles sur la plupart des espèces : famille, pays d'origine, renvois bibliographiques aux descriptions les meilleures et aux planches les plus parfaites, modes de culture, photographies, etc., qui font de cet ouvrage un véritable répertoire de documents à l'usage des spécialistes. Les observations de Micheli relatives à la Botanique horticole sont en outre consignées dans diverses notes publiées par lui dans les Archives des sciences physiques et naturelles, et dans la Revue horticole de Paris.

Pour achever cette étude rapide de l'activité scientifique de Micheli, il nous reste à dire quelques mots de ses travaux en viticulture et agriculture dans lesquels il trouvait le moyen de donner satisfaction à ses goûts scientifiques et à ses sentiments de dévouement à la chose publique. Il était en effet un agriculteur pratique, dirigeant lui-même sa propriété du Crest avec l'intérêt le plus vif et le plus éclairé. Il connaissait à fond les besoins de notre agriculture et les difficultés contre lesquelles elle a à lutter. Lors de l'invasion du vignoble genevois par le phylloxéra, il fut un des premiers à comprendre qu'il ne suffisait pas de combattre le terrible fléau par la méthode destructive, mais que l'on devait en outre chercher à reconstituer, au moyen de plants américains, les vignobles atteints. Il installa lui-même, au Crest, une des premières stations de plants américains et collabora ensuite de la façon la plus active au développement de la station viticole de Ruth qui a rendu de si grands

services aux viticulteurs de nos pays. Il a résumé la plus grande partie de ses observations sur ces sujets dans des notes publiées par le Bulletin de la Classe d'agriculture à Genève[1].

La tendance de ces derniers travaux fait bien ressortir un des côtés les plus intéressants du caractère de Micheli et fait mieux comprendre le rôle qu'il a joué dans les affaires publiques de son pays auxquelles, suivant une vieille et saine tradition genevoise, il avait dévolu une bonne part de son temps pour ne pas dire le meilleur de lui-même.

Esprit avant tout pacifique et bienveillant, Micheli, malgré des convictions très arrêtées, s'est tenu à l'écart de la politique militante. Nombreux sont néanmoins les services qu'il a rendus à son pays. En 1878 il fut nommé maire de la commune de Jussy où il succédait à son oncle Fæsch-Micheli, qui succédait lui-même à son père, Jean-Louis Micheli, et à son grand-père, François-Jules Micheli, nommé pour la première fois en 1803; depuis, il fut constamment réélu, la dernière fois en mai 1902, à l'unanimité des suffrages, et ses administrés s'apprêtaient à fêter en 1903 le 25me anniversaire de sa nomination comme maire, en même temps que le 100me anniversaire de la première nomination de son grand-père. Ce témoignage d'affection et de sympathie qui lui parvint sur son lit de maladie, l'émut profondément. C'est qu'il était foncièrement attaché à cette commune de Jussy qu'il considérait comme une seconde famille et à laquelle il s'est consacré avec le plus entier dévouement pendant un quart de siècle. « Il connaissait par leur nom chacun de ses administrés, il savait l'histoire de toutes les familles; il savait surtout que le don le plus généreux n'est rien s'il n'est accompagné d'une parole d'affection inspirée par un sentiment sincère de sympathie humaine; il ne se contentait pas de faire l'emploi le plus généreux de sa fortune. Il se donnait lui-même ». (*Journal de Genève.*)

De 1878 à 1886, époque à laquelle une grave maladie, dont il était complètement remis d'ailleurs, le décida à se retirer, Micheli a siégé comme député au Grand Conseil, où il s'intéressa d'une façon toute particulière aux questions municipales, agricoles et universitaires. Son intérêt pour l'Université se manifesta encore dans de nombreuses circonstances: il fut un des promoteurs de la Société académique qu'il présida une année; jusqu'à sa mort il a été un des membres les plus actifs et les plus zélés de son comité; il était également secrétaire permanent de la Société auxiliaire des Sciences et des Arts. Ces deux institutions répondaient bien à ses tendances et à ses idées, heureux d'associer ainsi l'initiative privée à

[1] La liste complète des travaux de Micheli, comprenant 64 numéros, sera publiée dans les « Actes de la Société Helvétique des Sciences naturelles pour 1902 » par M. C. de Candolle.

l'action de l'Etat, pour favoriser la haute culture universitaire qu'il considérait comme un des plus beaux titres de gloire de Genève.

Il a donné sans compter son temps et sa peine à la Rédaction des Archives des Sciences physiques et naturelles; à notre Société dont il fut un des Président les plus actifs, en même temps qu'un des membres du comité les plus assidus à diverses périodes; depuis plusieurs années, il était généralement un de nos délégués officiels aux réunions annuelles de la Société helvétique des sciences naturelles pour lesquelles il avait à la fois un chaud enthousiasme et l'intérêt le plus éclairé.

De 1869 à 1874, Micheli fit aussi partie de la Commission permanente nommée par la Ville de Genève pour réorganiser le superbe herbier donné par la famille de Benjamin Delessert. Il prit une part très active aux travaux de cette commission et garda dès lors un vif intérêt pour tout ce qui concerne le Conservatoire et le Jardin botanique de Genève.

Le tableau que nous venons de tracer du savant et de l'homme ne serait pas complet, si nous ne cherchions pas à montrer le fond de sa personnalité en qui s'alliaient la plus constante bienveillance et la noblesse du caractère, un esprit ouvert et éclairé, planant toujours au-dessus des petites mesquineries de la vie, une âme compatissante vis-à-vis des infortunes de ce monde. Doué d'un naturel heureux qui lui faisait voir et apprécier tout ce que la vie a de beau, sans jamais cependant le détourner d'aucun devoir, Micheli a vu venir la mort en homme de cœur chez lequel la hauteur des convictions fait la grandeur du caractère; il a supporté avec une patience admirable la douloureuse maladie qui le terrassait et conservé jusqu'à la fin sa bonne grâce habituelle vis-à-vis de son entourage, vis-à-vis de celle, en particulier, qui fut la compagne charmante de sa vie, ainsi qu'un aide et un appui constants dans toutes les branches de son activité. De tels exemples ne peuvent que porter des fruits : déjà le nom de Micheli revit dans la science par celui de son fils aîné; lui-même, par la valeur de ses travaux et par sa personnalité morale, y laisse un profond souvenir.

WILLY KUEHNE[1]

Né à Hambourg en 1837, Willy Kuehne fut un des plus éminents physiologistes de l'Allemagne; son nom mérite d'être placé à côté des du Bois-Reymond, des Brücke, des Helmholtz et des Ludwig, car il fut l'un de ces rares savants dont

[1] Cette notice aurait eu sa place normale dans le rapport pour l'année 1900.

le génie put embrasser tout le domaine de la physiologie, tandis que d'autres doivent borner leurs efforts à l'étude de tel ou tel sujet spécial.

En 1855, Kuehne débutait à Gœttingue dans le laboratoire de Wöhler. Il devait recevoir du célèbre auteur de la première synthèse chimique d'une substance organique une empreinte qui le marqua pour toute sa carrière scientifique : celle-ci fut en effet caractérisée par l'emploi constant des méthodes chimiques les plus exactes, dans la recherche des phénomènes vitaux.

Après Gœttingue il se rendit à Jena, où professait du Bois-Reymond ; entrant dans un ordre de travaux que poursuivait déjà ce maître, Kuehne fit lui-même de remarquables découvertes sur la physiologie du muscle. Deux années passées à Paris lui donnèrent enfin, grâce à l'influence de Claude Bernard, cette maîtrise dans l'art de l'expérimentation qui distingua tous ses travaux subséquents. Après un court stage à Vienne, chez Brückner, Kuehne vint à Berlin et y déploya une intense activité comme assistant préposé aux travaux chimiques de l'Institut pathologique. Plusieurs de ses bons travaux virent le jour à cette époque. En 1868 il fut nommé professeur à Amsterdam, qu'il quitta en 1871 pour s'établir à Heidelberg. Il y mourut en 1900 après une carrière professorale empreinte des plus belles qualités de l'esprit et du cœur.

Nous rappellerons à grands traits quels furent les principaux travaux de ce physiologiste que notre Société eut le privilège de compter parmi ses membres honoraires dès l'année 1872.

Dans ses recherches sur les muscles et les nerfs, une habileté consommée dans l'usage du microscope et l'emploi de la méthode chimique lui permirent de suivre les dernières ramifications du système nerveux, sa pénétration dans le système musculaire et de constater que la terminaison des extrémités des filets nerveux se faisait dans l'intérieur même des filets musculaires. Il constata aussi que ces derniers sont remplis par un liquide et tira de ces résultats des conséquences importantes au point de vue de la contractilité musculaire. Dans le même ordre d'idées nous mentionnerons ses études sur la contractilité chez les animaux inférieurs et chez les plantes, sur la rigidité cadavérique, etc.

L'étude histologique et chimique du pancréas l'amena à découvrir l'existence de ferments d'une nature spéciale qu'il nomma enzymes et dont l'un, la trypsine, permet la digestion des albumines. Il suivit les diverses réactions digestives qui ont lieu sous l'effet de ce ferment ainsi que les produits de désassimilation qui en résultent.

Lorsque Boll découvrit dans la rétine l'existence d'une teinte rouge qui semblait dépendre de l'exposition de l'œil à la lumière et de l'état de vie du sujet,

Kuehne se mit à étudier la cause de cette coloration qu'il trouva résider dans une substance pourpre, isolable, impressionnable à la lumière, à tel point qu'il pouvait obtenir sur elle des clichés photographiques d'une durée éphémère qu'il appela optogrammes. Il tira de ces études extrêmement délicates les bases d'une théorie photochimique des impressions visuelles. Poussant plus loin ses travaux sur la rétine et sur le nerf optique, il les étudia au point de vue de leurs propriétés électriques.

Parmi les nombreux autres travaux dont les titres seuls ne pourraient pas trouver place dans cette brève notice, nous retiendrons cependant en terminant celui qui remplit les derniers mois d'activité de W. Kuehne, à savoir ses recherches sur l'influence de l'oxygène sur les mouvements de contraction du protoplasme des animaux et des plantes.

CHARLES DUFOUR

Avec Charles Dufour, décédé à Morges le 28 décembre 1902, disparaît une des physionomies les plus attachantes et les plus sympathiques de ce que j'appellerai nos « savants romands. » C'était aussi un de nos membres honoraires les plus fidèles, un de ceux dont nous aimions tant à rencontrer la bonne figure au milieu de nous; il avait été nommé en 1884, et depuis cette époque, toutes les années, c'était chaque fois un vrai plaisir quand il prenait part à nos séances et y apportait la primeur de ses communications si appréciées en raison de leur originalité.

Charles Dufour est né à Veytaux, où son père était instituteur, le 20 septembre 1827; il fit ses études à l'Ecole moyenne de Vevey et à l'Académie de Lausanne. Après un court séjour en Argovie où il apprit l'allemand, il avait à peine 18 ans lorsqu'il fut nommé maître de mathématiques et de sciences naturelles au Collège d'Orbe. C'était déjà alors un passionné de la science; presque tous les mois, il faisait à pied les 22 kilomètres qui séparent Orbe de Lausanne pour assister aux séances de la Société Vaudoise des sciences naturelles. Sept ans après il succédait à Fritz Burnier, comme maître de mathématiques au Collège de Morges, fonctions qu'il a remplies pendant quarante ans, jusqu'en 1892. De 1880 à 1892 il a encore enseigné la cosmographie au Collège cantonal de Lausanne et, de 1894 à 1896, au Gymnase littéraire. De 1855 à 1856 et de 1864 à 1869, il a professé divers cours de mathématiques à l'Ecole spéciale et à l'Académie de Lausanne. Enfin de 1894 à 1901, il a occupé la chaire d'astronomie à la faculté des sciences de cette Académie et Université.

A côté de ce très lourd enseignement, Charles Dufour n'a pas ménagé sa peine

pour la besogne administrative qui en dépendait. C'est ainsi que nous le trouvons Directeur du Collège d'Orbe pendant ses années de résidence dans cette ville; puis directeur du Collège de Morges de 1865 à 1890; directeur de l'Ecole supérieure gymnasiale des jeunes filles, dans la même ville, de 1852 à 1902; membre du Conseil de l'Ecole polytechnique de Zurich, de 1881 à 1897.

De 1863 à 1870 Charles Dufour a fait partie de la commission suisse d'hydrométrie, dont il fut le premier président; de 1861 à 1902, de la commission fédérale de météorologie fondée, on le sait, par la Société helvétique des sciences naturelles. La plupart de nos Sociétés savantes suisses, et plusieurs sociétés étrangères s'étaient fait depuis longtemps un honneur de l'appeler au nombre de leurs membres effectifs, honoraires, ou correspondants. Il était considéré partout comme un des représentants les plus respectés de la science suisse.

Comme citoyen il a toujours montré le plus grand intérêt aux affaires de son pays; pendant 44 ans il a fait partie du Conseil communal de Morges, dont il a été le président pendant 12 ans.

En décembre 1895, l'Université de Lausanne a célébré le jubilé cinquantenaire de son enseignement, au milieu d'un concours empressé d'élèves, de collègues et d'amis heureux de lui apporter à cette occasion le témoignage de leur admiration ou de leur reconnaissance: tous les hommes de science ou de carrières techniques et libérales du canton de Vaud, pendant la seconde moitié du XIXe siècle, ont en effet été ses élèves.

A côté d'une carrière d'enseignement aussi remplie que celle de Charles Dufour, on a peine à concevoir comment il a pu trouver le temps de développer la grande activité scientifique que nous lui connaissons. Tout autre que lui aurait été littéralement submergé par les devoirs multiples de ses nombreux enseignements. Et pourtant, faisant face à tout, il arrivait quand même à produire des travaux originaux dans toutes les branches des sciences physiques. Le catalogue de ses œuvres originales ne comporte pas moins de 87 numéros.

« Doué d'une remarquable imagination créatrice, il savait poser les questions, très souvent des questions nouvelles, et souvent aussi il parvenait à les résoudre, en inventant parfois des méthodes ingénieuses. Tous les problèmes des mathématiques, de l'astronomie, de la physique pure et appliquée, de la physique du globe, de la météorologie l'intéressaient, et c'est dans vingt directions différentes qu'il a enrichi la science de mémoires très estimés, très recherchés, pleins d'idées neuves et de considérations suggestives. » (Forel.)

La plupart des travaux de Charles Dufour ont été publiés dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, dans les Actes de la Société helvétique des

Sciences naturelles, les Archives des sciences physiques et naturelles, les Comptes rendus de l'Académie des sciences, le Recueil de l'Association française pour l'avancement des sciences, la Revue d'Astronomie de Paris, le Repertorium für Meteorologie de St-Pétersbourg, le Philosophical Magazine de Londres.

L'analyse complète de cette belle œuvre scientifique paraîtra sans doute dans le Recueil de la Société vaudoise des sciences naturelles. Nous nous bornons donc à rappeler sommairement les tendances de quelques-uns des travaux les plus marquants.

La scintillation des étoiles, et les phénomènes du mirage, tels qu'on les observe sur notre lac ont toujours attiré l'attention de Charles Dufour ; ses études sur ces sujets, sur lesquels il est revenu à diverses époques, sont aujourd'hui classiques. Ses observations en météorologie faites seul ou en collaboration avec Fritz Burnier et Alexandre Yersin, sont parmi les meilleures et les plus originales faites dans notre pays; plusieurs ont une portée générale. Ses derniers travaux, les plus remarqués, concernent l'opacité de la fumée du charbon ; l'éclipse de lune du 3 juillet 1898, dans laquelle il reconnut l'ombre portée sur notre satellite par la chaîne des Cordillières d'Amérique ; la détermination de la lumière des étoiles comparée à celle du soleil.

Vous parlerai-je enfin, de la délicieuse bonhomie, mêlée d'humour malicieux, avec laquelle Charles Dufour savait exposer toutes les questions qu'il abordait, émaillant son discours, pour lequel il savait toujours trouver la formule exacte, d'exemples et d'anecdotes qu'il puisait sans difficulté dans sa riche mémoire. Ce sont là des souvenirs inoubliables pour tous ceux qui ont eu le privilège de l'entendre dans nos réunions ou de le connaître dans l'intimité. Heureux dans sa famille, heureux dans ses amitiés, heureux dans ses études, Charles Dufour a accompli une longue, utile et belle carrière. Il a de plus été le maître et le premier initiateur de deux frères plus jeunes que lui qui se sont également distingués dans la science, fondant ainsi une véritable dynastie de savants dont notre pays s'honore.

BERNHARD WARTMANN

Le 5 juin 1902, nos confédérés de St-Gall rendaient les derniers honneurs à un homme de bien, Bernhard Wartmann, qu'il y a un peu plus d'un an notre Société appelait au nombre de ses membres honoraires ; nous ne pensions certes pas alors que ce savant, encore plein de vie et d'activité, nous serait si rapidement enlevé !

Wartmann est né à St-Gall en 1830 ; son père, professeur distingué à l'Ecole réale et au gymnase de la ville, auteur d'une « Flore St-Galloise, » éditée en

1847, était un admirateur fervent de Linné, dont son fils aîné eût porté le nom en guise de prénom, si ce n'avaient été les énergiques protestations de sa mère à la veille du baptême. A défaut de ce nom prédestiné, le père inculqua de bonne heure à son fils le goût des sciences naturelles.

En 1849, nous trouvons le jeune Wartmann à l'Université de Zurich où il subit le charme du bel enseignement qu'y donnaient alors les Frey, les Escher de la Linth, les Mousson, les Löwig, les Heer et les Nägeli; la botanique avait un attrait tout particulier pour lui; ses progrès furent si rapides qu'en 1850-1851, Heer se fit remplacer momentanément par Wartmann pour le cours de botanique systématique et les excursions botaniques. En 1852 il suivait à Fribourg-en-Brisgau son maître Nägeli qui était devenu aussi son ami; peu après il présentait sa thèse de Doctorat. En 1856, il était admis comme « privat-docent » au Polytechnikum de Zurich d'où, après un semestre d'enseignement, sa ville natale le rappelait en le nommant professeur d'histoire naturelle à l'Ecole cantonale.

C'est alors que commence pour lui une activité incessante dans laquelle il se multiplie: comme maître de sciences naturelles, comme pédagogue, comme membre de la Société St-Galloise des sciences naturelles, comme directeur du musée de la Ville, comme conseiller des autorités et comme chercheur infatigable. Grande a été l'influence ainsi exercée par Wartmann dans toutes les directions. De 1863 à 1877, il remplit les fonctions de Recteur de l'Ecole cantonale; à partir de 1867, il siège à la Commission des écoles de la Ville; en 1868, il est nommé président de la Société St-Galloise des sciences naturelles, où il remplace son père; et depuis cette époque, pendant 34 ans, il est l'âme de cette société dont il étend constamment le cercle d'action par la publication, qu'il dirigea, des excellents « Berichte über die Thätigkeit der St-Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. » En 1873, il succède également à son père comme directeur du Musée d'histoire naturelle de la ville; dans ces nouvelles fonctions, Wartmann redouble d'activité, et grâce à une énergie et une persévérance indomptables, il mène à bien la délicate question de la reconstruction du Musée, effectuée pour la plus grande partie, au moyen de souscriptions volontaires. Il consacre ensuite des années de labeur et de travail à classer et à organiser toutes les collections de valeur réunies depuis bien des années, par son père d'abord, par lui ensuite, en faisant appel au patriotisme de ses nombreux compatriotes expatriés dans les diverses parties du monde; il crée enfin un petit jardin botanique dans lequel la partie réservée aux plantes alpines est organisée presque entièrement de ses mains.

Avec une pareille activité, on se demande comment Wartmann a trouvé le temps de se livrer à des recherches personnelles, de publier un nombre considérable

de mémoires, de rapports et d'articles ayant trait aux sciences naturelles. Fidèle à ses premières études, c'est à la botanique qu'il revient de préférence. Pour ne citer que ses travaux les plus importants dans cette branche, mentionnons d'abord ses notices « Schweizerische Kryptogamen » publiées de 1862 à 1869 en collaboration avec Schenk à Schaffhouse, et de 1880 à 1882 avec Winter à Zurich; puis sa « Kritische Uebersicht über die Gefässpflanzen der Kantonen St-Gallen und Appenzell » publiée en collaboration avec Th. Schlatter, en plusieurs parties, de 1879 à 1887, formant un ensemble de 568 pages dans lesquelles se trouvent accumulées, avec autant de méthode que de clarté, d'innombrables observations personnelles. La liste des travaux de Wartmann contient encore 14 notes et mémoires sur la botanique. Dans les autres branches des sciences naturelles signalons aussi quelques-unes de ses publications : la faune st-galloise, notamment en ce qui concerne les oiseaux et les poissons, l'a souvent préoccupé; il revient sur ces questions dans une trentaine de notes parues dans les « Berichte; » les blocs erratiques, les stations météorologiques, et d'autres questions relatives à la minéralogie font également l'objet d'articles nombreux insérés dans le même recueil. Si l'on ajoute à cette liste déjà longue, tous les articles nécrologiques et les rapports, dus à sa plume, on pourra se faire une idée de la puissance de travail extraordinaire développée par Wartmann.

Avec lui disparaît une des personnalités les plus fortement trempées parmi nos naturalistes suisses. A première vue, son œuvre semble se résumer presque tout entière dans un effort soutenu pour développer à un haut degré dans sa ville natale le goût et l'étude des sciences naturelles. Wartmann y a pleinement réussi, car il a formé toute une élite de savants et de praticiens auxquels il a inculqué le véritable esprit scientifique. C'est certainement là une des tâches les plus belles et les plus nobles qu'un homme de science puisse accomplir. Elle porte avec elle des conséquences incalculables se répercutant sur plusieurs générations. Elle assure à Wartmann la reconnaissance émue de ses élèves, de ses amis et de ses confrères, et le souvenir durable de ses concitoyens.

ALFRED CORNU

C'est une des grandes figures de la physique contemporaine que celle d'A. Cornu, un des derniers élèves et continuateurs de l'école des Fresnel, des Foucault et des Fizeau à laquelle l'optique moderne doit ses plus beaux fleurons.

Né en 1841, Cornu entrait en 1860 à l'Ecole Polytechnique d'où il sortait deux

ans après comme élève-ingénieur des Mines. Mais, il abandonnait de bonne heure le service actif des Mines pour entrer dans le corps enseignant.

En 1867, à l'âge de 26 ans et après un stage très court en qualité de répétiteur il était appelé à remplacer Verdet dans la chaire de physique de l'Ecole polytechnique qu'il a occupée depuis cette époque sans interruption. Son enseignement fut tout de suite très goûté des élèves.

En 1878 il entrait à l'Académie des Sciences, en 1886 au Bureau des Longitudes. Entre temps la plupart des Sociétés savantes le recevaient au nombre de leurs membres; c'est en 1874 qu'il a été nommé membre honoraire de notre Société. En 1900, il présidait le Congrès International de physique. Depuis plusieurs années il faisait partie des Conseils des Observatoires de Paris et de Nice.

« Dès son séjour à l'Ecole des Mines et jusqu'à sa fin, Cornu fut un travailleur infatigable. La recherche scientifique fut sa grande passion. Dans les premières années il passa sa vie au laboratoire; plus tard, il y vécut tout le temps que lui laissaient ses devoirs de famille. Son ardeur au travail ne s'apaisa jamais. Il avait toujours sur le chantier plusieurs travaux commencés, se délassant de l'un, disait-il, en passant à l'autre. Le travail fut toujours pour lui une joie. Il travaillait avec allégresse: sans cesse on l'entendait se mettre à l'œuvre en chantant, et comme un bon ouvrier qui a bien rempli sa tâche, il chantait encore en finissant. »

« Doué d'une patience inaltérable, d'une singulière pénétration, il poursuivait ses expériences lentement, sûrement, ne laissant rien au hasard et visant toujours à la perfection.

En toutes ses recherches se manifestent les mêmes caractères: l'ingéniosité, la précision et l'élégance des solutions. » (Mercadier.)

Aussi l'œuvre scientifique de Cornu est-elle considérable. Ce n'est pas le lieu de la résumer ici d'une façon complète. On nous permettra cependant de signaler, pris au hasard, quelques-uns de ses travaux marquants.

Ses études sur la diffraction et les intégrales de Fresnel, ses mesures de la vitesse de la lumière par la méthode de Fizeau qu'il perfectionna; ses travaux sur les réseaux, sur les franges d'interférence, sur les conditions d'achromatisme de ces franges, sur les déformations élastiques du verre, donnent une idée de sa grande activité dans les recherches touchant à l'Optique qui est restée pour lui le champ d'étude préféré, alors même que cette science était délaissée par la mode.

Dans un domaine qui confine à la fois à l'optique et à l'électricité, Cornu a étudié à plusieurs reprises la polarisation magnétique. Récemment encore, au moment où le phénomène de Zeemann venait d'être découvert et où tout le monde croyait que les raies spectrales et en particulier la raie D, se décomposaient en

un triplet, il montra qu'il y avait quatre composantes, et que le soi disant triplet était en réalité un quadruplet.

D'une manière générale, l'optique dans ses relations avec l'astronomie fut aussi une de ses préoccupations constantes, et c'est ainsi qu'on lui doit tout un ensemble de travaux sur la spectroscopie, le renversement des raies, un procédé pour distinguer les raies telluriques des raies solaires, le spectre ultraviolet du soleil, le spectre des étoiles nouvelles, de la couronne solaire. On connait aussi sa méthode photométrique pour l'observation des éclipses de Jupiter et sa fameuse lunette zénitho-nadirale, véritable merveille de précision. Dans un autre ordre d'idées, qui confine encore à l'astronomie, on lui doit un procédé de synchronisation électrique des horloges qui a été mis en pratique à l'Observatoire de Nice; ce sont également à des considérations analogues que se rattache son beau travail sur la densité moyenne de la terre par la méthode de Cavendish.

Indépendamment de ses recherches de laboratoire, Cornu donna un soin tout particulier à son enseignement. Pour lui, un cours devait sans cesse se transformer, comme un véritable organisme vivant, en suivant, mais prudemment, les progrès de la science, et en évitant ses engouements, ses modes passagères qui entraînent les foules scientifiques aussi facilement que les foules vulgaires. Il avait un mode d'exposer qui lui appartenait bien en propre et qui se distinguait à la fois par une merveilleuse clarté et une élégance impeccable. Faire autrement eût été pour lui une souffrance; ses goûts d'artiste en auraient été choqués. Tous ceux qui n'ont pas eu le privilège de l'entendre et qui auront lu les notices qu'il écrivait pour l'Annuaire du Bureau des Longitudes auront remarqué le merveilleux talent avec lequel il mettait à la portée de tous la solution des problèmes les plus ardus.

Aussi Cornu aimait-il les débutants et cherchait-il à leur faciliter la tâche, à les encourager, en même temps qu'il les mettait en garde contre les écueils sur lesquels leur ardeur juvénile aurait pu les entraîner ; il leur prodiguait sans réserve son temps, ses conseils et sa peine. La droiture du caractère, la noblesse du sentiment, la fermeté des idées, la bonté, la modestie et la simplicité faisaient de l'homme privé l'égal du professeur et du savant. Cornu laisse donc un grand exemple de vie toute consacrée à la science dans la plus pure et la plus noble acception du terme.

HERVÉ FAYE

C'est encore un de nos membres honoraires les plus illustres que nous avons perdu en la personne d'Hervé Faye, le doyen des astronomes français, décédé à

l'âge de 88 ans, et dont la carrière, commencée sous les auspices de la précieuse amitié d'Arago, fut féconde en brillants travaux.

Faye est né le 3 octobre 1814 à Saint-Benoit-du-Saut (Indre). En 1836, il entre comme élève à l'Observatoire de Paris, sous la direction d'Arago; en 1843, il est nommé astronome; en 1847, il est reçu à l'Académie des Sciences; depuis 1862, il fait partie du Bureau des Longitudes. Il professe à l'Ecole polytechnique de 1852 à 1855 et de 1873 à 1893. Entre temps, il avait été recteur de l'Académie de Nancy, ministre de l'Instruction publique; la plupart des Sociétés savantes lui ouvraient également leurs portes; il est membre honoraire de notre Société depuis l'année 1880.

L'œuvre de Faye est si considérable et embrasse des sujets si variés que l'analyse, même succincte, n'en saurait trouver place ici. Nous indiquerons donc seulement les directions générales dans lesquelles s'est exercé son labeur infatigable.

Il fut un des premiers, avec Arago, à appliquer aux méthodes d'observation astronomique les procédés de la photographie et de l'électricité au sujet desquels il avait prédit qu'ils amèneraient en astronomie une révolution comparable à celle qu'avait produite l'invention des lunettes.

Son principal titre de gloire comme observateur est sa découverte, en 1843, de la comète célèbre qui porte son nom, au sujet de laquelle s'élevèrent de mémorables discussions entre lui et Le Verrier. C'est alors qu'avec une clairvoyante lucidité il émit l'idée que la force répulsive qui donne aux queues cométaires leurs formes caractéristiques serait due au rayonnement solaire. C'était, pour l'époque, une hypothèse hardie. On sait aujourd'hui que d'après Maxwell la lumière doit exercer une pression mécanique que des travaux récents ont confirmée par la voie expérimentale. Mais ce sont surtout les conceptions théoriques de Faye qui laisseront une trace durable. Si sur certains points, les contemporains ne partagent plus ses idées, il a été très souvent un novateur, et un novateur heureux. Il suffira de rappeler ici les beaux travaux sur les taches du soleil et les mouvements tourbillonnaires à la surface du soleil, sur la parallaxe de profondeur des taches solaires.

Comme tant de grands esprits, Faye a été attiré par l'importance du problème cosmogénique; il n'a pas craint de l'attaquer de front. La conception générale de Laplace soulevait en effet diverses difficultés, notamment celle provenant de la rotation rétrograde de la planète Neptune. Si la conception cosmogénique de Faye ne répond pas encore à toutes les données du problème, elle échappe certainement à quelques-unes des objections faites à l'hypothèse de Laplace; elle paraît en particulier avoir mis en évidence deux points importants : le premier réside dans ce fait que la nébuleuse annulaire primitive dont est sorti notre système solaire serait un

type exceptionnellement réalisé, le type général devant affecter une forme en spirale. De fait, les photographies récentes de nébuleuses de Robert ont montré que la plupart des nébuleuses possèdent des formes de spires, ce que l'observation visuelle n'avait pas permis de constater d'une manière aussi générale. Par un juste retour des choses, la photographie astronomique dont Faye avait été l'ardent promoteur, est venue confirmer expérimentalement la solidité de ses conceptions cosmogéniques.

En second lieu, contrairement à Laplace pour lequel les comètes n'appartenaient pas à l'origine, à la nébuleuse solaire, Faye a défendu l'hypothèse contraire; des travaux de M. Fabry sur les orbites des comètes sont venus démontrer, il y a quelques années, que c'était Faye qui avait raison.

Son enseignement à l'Ecole polytechnique fut à la fois clair et brillant, il suffit pour s'en convaincre de parcourir son « cours d'astronomie; » c'était d'ailleurs pour lui la plus chère de ses préoccupations.

« Jusqu'à ces dernières années, et en dépit de l'âge, sa belle figure de prêtre de l'Idée était restée comme illuminée d'une flamme d'intelligence et de jeunesse. C'est un grand esprit qui disparaît; mais le sillon qu'il a tracé est de ceux qui demeurent longtemps fertiles. » (Nordmann.)

ALBERT FALSAN

C'est un de nos plus anciens membres honoraires que nous avons perdu en la personne d'Albert Falsan. Il avait été en effet nommé en 1870. Si nous le voyions rarement ces dernières années, nous le sentions cependant des nôtres par ses travaux sur la géologie de toute une région qui confine notre pays et surtout par la manière distinguée dont il a cultivé la science en dehors de toute situation officielle. Albert Falsan est né à Lyon le 14 mai 1833; par son père, il appartenait à une vieille famille lyonnaise; par sa mère il était apparenté à la famille Niepce qui a donné plusieurs hommes remarquables dans l'armée, dans la science et dans la magistrature.

Falsan fit ses études à la Faculté des sciences de Lyon et puisa dans l'enseignement de l'éminent géologue Fournet le goût de la géologie. C'est sous la direction de ce maître éclairé qu'il entreprit ses premiers travaux originaux. Il lui voua une profonde reconnaissance. En 1874, lorsqu'il fut reçu membre de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, il publia une belle étude sur l'œuvre de Fournet.

Parmi ses travaux il convient de signaler d'abord une étude sur le sol du can-

ton d'Hyères dans le Var, publiée en 1864 à la suite d'un séjour prolongé dans le Midi; puis une « monographie géologique du Mont-d'Or lyonnais » parue en 1866 et faite en collaboration avec Arnould-Locard; ce mémoire fut couronné par l'Académie de Lyon. En 1873, Falsan publie une « Note sur la constitution géologique de la Colline de Loyasse et de Fourvière » dans laquelle il établit, parmi les premiers, des relations entre les dépôts quaternaires et les dépôts ternaires sous-jacents.

De 1873 à 1884 nous lui devons divers mémoires sur les dépôts jurassiques du Bugey, publiés en collaboration avec Dumortier et Paul Gervais.

Mais c'est en 1883 qu'a paru son ouvrage le plus important, la « Monographie géologique des anciens glaciers et des terrains erratiques du bassin du Rhône » en collaboration avec Ernest Chantre. Cette publication qui représente douze années de travail et de labeur présente pour nous un intérêt particulier, en ce sens que les auteurs fournissent toute une série de preuves sur le développement de la branche gauche de l'ancien glacier du Rhône, au delà de la barrière du Jura; les auteurs font voir qu'il a pénétré à travers la cluse de la perte du Rhône jusque dans les hautes vallées du Bugey et de Nantua, puis sur le plateau de la Dombe, pour former avec les affluents de l'Arve, de la région d'Annecy et du Dauphiné, la grande mer de glace du bassin moyen du Rhône. Cette mer de glace qui serait venue s'épanouir sur les collines lyonnaises, ne le cédait en rien, comme étendue à celle qui couvrit tout le plateau suisse.

Cet ouvrage valut à Falsan le prix Bordin de l'Institut en 1881 et la grande médaille d'or du Congrès des Sociétés savantes.

Dix ans plus tard il écrivit pour le grand public un résumé très clair de la question, qui porte le titre de « la Période glaciaire étudiée spécialement en France et en Suisse, » rédigé dans un style fort élégant. Ses qualités d'écrivain apparaissent peut-être encore davantage dans les deux charmants volumes qu'il a publiés en 1895 sur « les Alpes françaises, » véritable monographie dans laquelle il aborde tour à tour l'orographie, la géologie, l'hydrographie, la faune, la flore et le rôle que l'homme y a joué dans le passé, ainsi que ses conditions d'existence actuelles. La préoccupation constante de l'auteur est d'expliquer les événements physiques ou biologiques qui se déroulent de nos jours dans la chaîne des Alpes en remontant à l'origine des faits dans le temps et à rétablir aussi la continuité chronologique de l'histoire des Alpes. Tout cela est écrit en outre avec le sens artistique d'un ami de la nature dont les carnets de voyage sont remplis de croquis charmants pris au cours de ses excursions géologiques. Falsan excellait même dans le paysage au fusain; plusieurs de ses dessins ont figuré honorablement au Salon de 1864.

Ce que nous venons de dire suffira pour donner une idée de l'activité scientifique de notre confrère, dont l'œuvre ne contient pas moins de 28 numéros.

Falsan restera donc un exemple de ce que peut faire l'initiative privée pour le progrès des sciences naturelles, des services éminents que peut rendre à son pays un savant indépendant.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Géographie physique et Météorologie.

M. le professeur Em. Chaix a entretenu la Société de ses recherches sur l'érosion torrentielle postglaciaire dans la vallée de Bagnes, et a démontré que cette érosion n'a pas modifié beaucoup la profondeur de cette vallée, malgré la puissance considérable de la Dranse.

M. le professeur L. Duparc a fait un récit de ses derniers voyages à travers l'Oural et donné un aperçu général de la région au point de vue géologique, géographique et hydrographique.

M. B.-P.-G. Hochreutiner a communiqué ses observations concernant la dune d'Aïn Sefra et les dunes locales de la chaine de bordure saharienne dans l'Algérie méridionale.

M. F. Louis Perrot a décrit les conditions caractéristiques d'un coucher de soleil remarquable, à la date du 1er février 1902, et rapproché cette observation de celle faite à St-Malo le 17 août 1901.

M. le Professeur R. Gautier a donné quelques détails sur la température du mois de mai 1902 et celle des mois de mai froids antérieurs; il a signalé les particularités qui caractérisent le mois de mai 1902 au point de vue météorologique.

Physique et Mathématiques.

M. Th. Tommasina a fait une communication sur l'existence des rayons qui subissent la réflexion dans le rayonnement émis par un mélange de chlorure de radium et de baryum. Il a discuté ce phénomène, décrit ses expériences et indiqué les raisons qui lui font rejeter l'interprétation balistique.

Le même a exposé quelques déductions sur l'existence de l'éther et son rôle dans les phénomènes électrostatiques; il a décrit quelques expériences électrostatiques à l'appui des conceptions théoriques qu'il soutient.

Dans une étude théorique, le même a cherché à préciser les limites de la théorie des ions, dans ses rapports avec la théorie électromagnétique.

Le même a fait connaître un dispositif pour l'absorption de la radioactivité par les liquides et indiqué les résultats de ses mesures.

Le même a rendu compte d'expériences entreprises par lui sur le mode de formation des rayons cathodiques et des rayons de Rœntgen et a développé la théorie d'après laquelle on peut concevoir ce mode de formation. Dans une seconde communication, l'auteur a discuté les divergences de vues sur cette question entre M. J. Semenow et lui.

M. le professeur H. DUFOUR a présenté les résultats de ses recherches sur les propriétés de radiations émises par des tubes contenant des substances radioactives de M. et Mme Curie et formulé plusieurs conclusions expérimentales nouvelles sur ce sujet.

M. A. JAQUEROD a exposé les résultats d'un travail exécuté en collaboration avec M. TRAVERS sur le coefficient d'expansion de l'hydrogène et de l'helium à volume constant et à diverses pressions initiales.

M. F. LOUIS PERROT a présenté en son nom et en celui de M. PH. A. GUYE une note sur les lois de Tate à propos d'une publication récente sur le même sujet de MM. Leduc et Sacerdote.

M. R. DE SAUSSURE a exposé une théorie géométrique du mouvement des corps, basée sur les lois de symétrie; il en a développé les conséquences et a montré ensuite son application à l'étude des lois géométriques du mouvement des fluides.

Chimie.

M. A. BACH a étudié, au point de vue quantitatif, l'action de l'acide chromique sur le peroxyde d'hydrogène en vue de préciser la façon dont se comporte ce dernier vis-à-vis des agents oxydants.

Le même a fourni des détails sur des expériences ayant pour but d'identifier l'acide ozonique de Beyer et Villiger avec le tetroxyde d'hydrogène préparé par lui.

Poursuivant ses études sur l'action des oxydants vis-à-vis des peroxydes, le même a précisé dans une dernière communication, le mécanisme de ce phénomène.

M. KEHRMANN a exposé les résultats d'un travail entrepris en collaboration avec M. Flürscheim, précisant les propriétés des combinaisons silicotungstiques découvertes et étudiées par Marignac.

M. le professeur AMÉ PICTET a entretenu la Société de recherches faites avec M. P. GENEQUAND qui les ont conduits à la découverte d'un acide acétonitrique ; les propriétés de cet acide et de ses homologues ont été décrites.

Minéralogie.

M. A. BRUN a effectué diverses expériences sur la liparite et l'obsidienne, et déterminé les conditions de formation des roches acides, à une température voisine de 800°. Il a reproduit ainsi des sphérolites à croix noire, identiques aux sphérolites des liparites, porphyrites, etc.

Le même a décrit une méthode nouvelle pour la détermination du point de fusion des minéraux et indiqué les résultats obtenus avec 60 espèces minérales.

Géologie.

M. F. PEARCE a signalé les propriétés d'une nouvelle variété de feldspath rencontrée dans le granit du Mont-Blanc et qui se distingue de toutes celles déjà connues.

M. A. BRUN a communiqué les résultats de ses expériences sur les explosions volcaniques et comparé ses observations à celles de M. Armand Gautier.

M. le professeur L. DUPARC a exposé les résultats de ses explorations géologiques, dans le bassin supérieur de la Koswa (Oural du Nord), et caractérisé la nature des principales formations qu'il a observées; dévonien inférieur, quartzites et conglomérats cristallins, dévonien inférieur et moyen, schistes cristallins métamorphiques, massifs éruptifs basiques.

Dans une seconde communication, le même a fait connaître les propriétés caractéristiques de quelques roches filoniennes du massif du Kosswinsky (Oural) qu'il a étudiées avec M. S. JERCHOFF.

Le même a encore entretenu la Société de quelques nouvelles roches provenant du même massif, dont il a discuté la composition.

Le même a signalé aussi les particularités des massifs du Tilaï, du Katéchersky et du Cerebransky qu'il a visités en 1901.

Le même a discuté l'origine de la cluse de la Koswa (Oural) qui présente la plus grande analogie avec celle de certaines vallées de nos Alpes (Arve, Borne, etc.).

Au nom de MM. MRAZEC, PEARCE et au sien, le même a présenté une communication préliminaire sur l'existence de mouvements orogéniques successifs qu'ils ont reconnus au cours de leurs explorations dans l'Oural du Nord.

Botanique.

M. le professeur R. CHODAT nous a entretenu des recherches faites dans son laboratoire, par Mlle CRÉTIER, sur l'influence du noyau pour la production des ramifications chez les algues.

Le même nous a communiqué les résultats d'un travail effectué en collaboration avec M. BERNARD, sur l'embryogénie du Cytinus hypocystis.

Le même a fait part des études entreprises par lui avec M. BACH, sur l'influence des peroxydes vis-à-vis des êtres vivants, études qui démontrent que contrairement aux idées reçues, les peroxydes sont compatibles, dans une certaine limite, avec la vie des végétaux inférieurs.

Poursuivant leurs recherches, MM. CHODAT et BACH ont précisé dans une communication subséquente les conditions dans lesquelles les végétaux inférieurs sont susceptibles de se développer en présence de doses variées de peroxyde d'hydrogène : ils ont également caractérisé les phénomènes concomitants tels que dégagement d'oxygène, allure de la croissance, etc., et montré les conséquences de ces observations au point de vue du chimisme de la vie cellulaire.

Au nom de M. NICOLOFF, M. le professeur Chodat a fait une communication sur le sac embryonnaire du Juglans regia L.

Le même a encore présenté au nom de M. BACH et au sien un résumé des expériences faites sur la nature et l'action des oxydases ou ferments oxydants des végétaux et montré que l'action de ceux-ci est accélérée par l'intervention de ferments spéciaux, les peroxydases.

M. BRIQUET a poursuivi ses observations sur la famille des ombellifères et présenté une note sur un nouveau type générique qu'il a désigné sous le nom de Thorea.

Le même a communiqué les résultats de ses recherches carpologiques sur quelques Bunium alpins d'Europe et montré que c'est le B. petræum qui est de beaucoup l'espèce la plus distincte au point de vue carpologique.

M. B.-P.-G. HOCHREUTINER a entretenu la Société de la géographie botanique du Sud-Oranais, à la suite d'une exploration qu'il a faite dans cette région et il a in-

diqué les caractères observés par lui pour la flore des oasis, la flore des dunes et la flore des montagnes de cette contrée.

Le même a signalé une série de Malvacées nouvelles ou rares étudiées par lui à l'Herbier Delessert, et particulièrement intéressantes en raison de leur distribution géographique ou de leurs particularités morphologiques.

Physiologie, Médecine, Zoologie.

M. BATTELLI a rendu compte de ses expériences sur l'influence de la fatigue et du jeûne prolongé sur la richesse en adrénaline des capsules surrénales.

M. le professeur BERANECK a entretenu la Société de ses expériences sur le traitement des tuberculeux par la tuberculine isolée par lui et a indiqué les premiers résultats observés sur le mode d'action de cette tuberculine.

M. ARNOLD PICTET a exposé les observations qu'il a faites pour mettre en lumière l'influence de la nourriture sur le développement des chenilles et leur variabilité.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 34. FASCICULE 3.

MARC MICHELI

LEGUMINOSÆ LANGLASSEANÆ

LÉGUMINEUSES

RÉCOLTÉES

DANS LES ÉTATS MEXICAINS DE MICHOACAN ET DE GUERRERO

Pendant les Années 1898 et 1899

PAR

Eugène LANGLASSÉ

Avec 28 planches.

GENÈVE
IMPRIMERIE W. KÜNDIG & FILS
1903

AVIS RELATIF AUX PLANCHES

Le tirage des planches du mémoire Micheli : *Leguminosæ Langlassianæ*, ayant commencé avant l'adoption du nouveau mode de publication des Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle, il n'a pas été possible de les y conformer tant au point de vue de la numérotation qu'à celui de l'espace réservé aux figures et à la légende.

La planche 1 de ce mémoire est la 5me et la planche 28 est la 32me dans la numérotation générale du volume.

Eventuellement, la première planche du mémoire subséquent devra porter le n° 33.

AVANT-PROPOS

Le présent travail était, aux retouches près, terminé quand la maladie inopinée et la mort sont venues mettre fin à la carrière d'incessante activité de M. Micheli.

Dans une note dont le *Bulletin de la Société botanique de France* (vol. 47, 1900, p. 117-119) a eu la primeur et qui, abrégée, fut reproduite par les *Archives* (4me période, IX (1900) p. 492-3), M. Micheli a donné un exposé des motifs et des buts du voyage de M. Langlassé, il en a retracé l'itinéraire parcouru et esquissé, dans ses traits généraux, la physionomie végétale des contrées explorées. Cette note à laquelle nous renvoyons le lecteur est assez développée pour pouvoir nous tenir lieu de l'introduction que M. Micheli se proposait de mettre en tête du présent ouvrage.

Du côté botanique, le voyage de M. Langlassé avait surtout un but horticole. La récolte des plantes séchées pour l'herbier ne formait qu'une partie de son activité et là encore, son attention se portait de préférence sur les plantes présentant quelque intérêt pour l'horticulteur ou ayant de l'importance au point de vue de l'agriculture ou de la sylviculture. Les plantes d'apparence plus modeste ou d'intérêt exclusivement scientifique sont peu entrées dans ses collections. Malgré cela le chiffre des nouveautés est assez considérable et prouve à l'évidence combien de formes nouvelles ce pays fournira à l'avenir quand sa flore sera méthodiquement explorée. Dans les *Légumineuses*, représentées par 237 numéros, M. Micheli dont

la conception spécifique était plutôt large, a admis 26 espèces nouvelles et un genre nouveau. Plusieurs autres espèces déjà publiées ne l'ont été que tout récemment, d'après des récoltes de botanistes des Etats-Unis. Parmi les *Broméliacées*, dont M. Carl Mez, professeur à Halle, a fait l'étude et qu'il publiera prochainement, ils se trouvaient 5 espèces nouvelles sur 18 numéros.

Les *Légumineuses* (237 numéros et de nombreux *bis*) forment, à elles seules, presque le quart de la totalité de la récolte de M. Langlassé. Elles abondent surtout dans la zone supérieure, au-dessus de 2000 mètres, de la Sierra Madre, au point d'y former, avec les Composées, le fond du tapis végétal. Mais il serait probablement erroné de prendre le chiffre ci-dessus indiqué pour l'expression véritable de la proportion des Légumineuses vis-à-vis des autres familles, le voyageur ayant eu pour instruction de donner une attention particulière à ces plantes. Le trait saillant de cette riche flore de Légumineuses est la présence de nombreuses *Galégées* arborescentes et surtout l'abondance des *Mimosées* fréquentes dans la brousse de la zone sèche et formant le 34,5 $^0/_0$ de la récolte entière de Légumineuses, tandis qu'elles ne forment que le 18 $^0/_0$ de la totalité de la famille. C'est ce chapitre de la comparaison phytogéographique et systématique des contrées parcourues par Langlassé avec les divers pays de l'Amérique subtropicale et tropicale que M. Micheli s'était proposé de développer et que, vu sa connaissance parfaite de la grande famille des Légumineuses, nous devons regretter que la mort ne lui ait plus permis d'écrire.

(R. B.)

A. — Papilionaceæ

GENISTEÆ

Crotalaria eriocarpa Benth. Bot. Voy. Sulph. 80. — Environs d'Orilla (Michoacan), mai 1898, n. 159.

Crotalaria incana L. Sp. Pl. 716. — Environs de Faisan, 1200 m., septembre 1898, n. 341.

Crotalaria lupulina H. B. K. Nov. Gen. VI 402, t. 590. — La Correa, 50 m., septembre 1898, n. 390; El Calabazal, 150 m., octobre 1898, n. 466.

Crotalaria maypurensis H. B. K. l. c. VI 403. — Environs du Calabazal, 150 m., octobre 1898, n. 475.

Crotalaria stipularia Desv. Journ. Bot. 1814, III 76. — Sierra Madre, 1750 m. (Guerrero), janvier 1899, n. 792.

Crotalaria striata DC. Prod. II 131 (Syn. C. Saltiana Andr. Bot. Rep. t. 648) — El Cedral, 300 m., août 1898, n. 305.

Lupinus elegans H. B. K. l. c. VI 477. — Nom. vern. Chicharilla; Las Puentes (Michoacan), prairies et endroits cultivés, 1850 m., mars 1898, n. 42.

GALEGEÆ

Eysenhardtia amorphoides H. B. K. l. c. VI 489, t. 502. — Nom. vern. Palo dulce; « Arbre à tronc élancé, bois recherché pour l'ébénisterie, fleurs blanches. » Environs de la Junta (Michoacan), 650 m., juillet 1898, n. 226; Sierra Madre, 1500 m., sol granitique, juin 1899, n. 1052.

Dalea diffusa Moric. Pl. nouv. Amér. 8 t. 6. — Cerro-Pedrogoso, Ocote (Michoacan), 500 m., octobre 1898, n. 539; Sierra Madre, 500 m., janvier 1899, n. 753.

Dalea gracilis Hook. & Arn. Bot. Beech. Voy. 286. — « Arbrisseau de 1 m., à fleurs rouge violet, odeur désagréable, » Sierra Madre, 1750 m., sol granitique, janvier 1899, n. 778.

Dalea nigra Mart. & Gal. Bull. Acad. Brux. XII 43. — « Plante de 0 m. 60, fleurs roses ou bleuâtres. » El Calabazal, prairies, 300 m., octobre 1898, n. 481.

Dalea nutans Willd. Spec. III 1339. — « Fleurs violettes, » dans les prés au bord du fl. Tecpan, 500 m., sol granitique, janvier 1899, n. 819.

Dalea psoralioides Moric. l. c. 5. t. 4. — « Plante de 0 m. 60, à fleurs blanches, » Sierra Madre, 1100 m., novembre 1898, n. 587.

Indigofera Anil L. Mant. II 272. — « Arbuste de 2 m., » Cajinicuila (Michoacan), 250 m., novembre 1898, n. 648.

Indigofera costaricensis Benth. in Kjœb. Vidensk. Meddel. 1853, 5. — « Arbrisseau de 1 m. 50, à fleurs roses, » Sierra Madre, 600 m., novembre 1898, n. 609.

Indigofera excelsa Mart. & Gal. Bull. Acad. Brux. X 45. — « Arbrisseau de 4 m., à fleurs roses, » Ocote (Michoacan), 700 m., décembre 1898, n. 696.

Brongniartia bilabiata n. sp., fruticosa glabra, foliis imparipinnatis, floribus fasciculatis, calyce bilabiato. — *Tab. nostra 1.*

Suffrutex 1 m. 50 altus, caule gracili, plus minus scandente vel procumbente, glabro. Folia imparipinnata ; rhachi gracili, patente, 8-9 cm. longa. Stipulæ minimæ, vix conspicuæ, citò deciduæ. Foliola 3-4-juga, brevissime petiolulata, inferiora minora, late ovata vel obovata, obtusa, emarginata, mucronulata, utrinque glaberrima, terminale 3-4 cm. longum, 2-3 cm. latum, inferiora 2-3 cm. longa, 1-1,5 cm. lata, venis eleganter reticulatis. Flores in fasciculos terminales vel axillares 5-7 dispositi, longe et graciliter pedicellati. Bracteæ ad basin pedicellorum vix conspicuæ, bracteolæ infra calycis tubum minimæ, pedicelli 1,5-2 cm. longi. Calyx glaber, 1,5 cm. longus, bilabiatus, tubo ampliato, inferne angustato-angulato, lobis breviore, labio superiore (carinali) tridentato, inferiore bidentato. Petala breviter unguiculata, calycem superantia, inter se fere æqualia, circa 2 cm. longa. Vexillum latum, breviter stipitatum, basi nudum, sub anthesi patens vel reflexum, saturate purpureo-violaceum ; alæ oblique falcato-ovatæ, breviter stipitatæ, basi auriculatæ,

saturate purpureæ; carina fere recta, latissime obtusa, dilute violaceo-flavescens. Stamen vexillare a basi omnino liberum, haud geniculatum; antheræ oblongæ nutantes prope basin affixæ. Ovarium glaberrimum, stipitatum, 6-ovulatum, basi disco elevato circumcinctum; stylus curvatus, stigmate parvo coronatus. Legumen planum, styli vestigio apiculatum, glabrum, basi angustatum et stipitatum, 5-6-spermum, 5 cm. longum, 1,5 cm. latum, inter semina nudum. Semina compressa, funiculo brevissimo affixa. — « Arbrisseau de 1 m. 50, à fleurs d'un brun noirâtre avec macules vertes. » Rives du San Luis, alluvions, 100 m., mars 1899, n. 935.

TAB. 1.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, grossie 2 fois.
3. — Calice ouvert, grossi 3 fois.
4, 5, 6. — Etendard, aile, carène, id.
7. — Etamines, grossies 4 fois.
8. — Ovaire, id.
9. — Fruit, de grandeur naturelle.
10. — Fruit ouvert, id.
11. — Section longitudinale de la graine, grossie 4 fois.

Brongniartia bracteolata n. sp., fruticosa demum glabrata, foliis imparipinnatis, floribus solitariis, calyce bracteolis magnis obtecto. — *Tab. nostra 2.*

Frutex metralis, in partibus novellis adpresse pubescens, demum fere glabratus, ramis brunneis; stipulæ anguste ovatæ, acutæ, caducæ, 8-10 mm. longæ. Folia imparipinnata; rhachi 13-14 cm. longa, fere usque ad basin foliolifera; foliola 6-7-juga, breviter petiolulata, inferiora minora, 4-5 cm. longa, 2-2,5 cm. lata, ovata, basi rotundata, apice obtusissima vel subemarginata, coriacea, supra glabra nitida, subtus adpresse puberula, venis crebris arcte anastomosantibus subtus elevatis. Flores ad axillas sæpius solitarii, rubri, viridi-maculati, pedunculati, pedunculis gracilibus, 2 cm. longis; bracteolis late ovatis, obtusissimis, basi cordatis, calycem fere obtegentibus, 1,5 cm. longis, glabris, venis anastomosantibus. Calyx adpresse puberulus, 1,5 cm. longus, lobis tubum subæquantibus, lanceolatis, acutis, superioribus altius connatis. Petala breviter unguiculata; vexillum orbiculare, 2-2,5 cm. longum et latum; alæ ovatæ et carina late obtusa vix breviores. Ovarium glabrum, breviter stipitatum, stylo arcuato gracili. Legumen coriaceum, glabrum, nitidum, 6-7-spermum, inter semina farctum, 7-8 cm. longum, 2 cm. latum, styli vestigio apiculatum. Semina strophiolata. — « Arbrisseau de 1 m., à fleurs rouge sang, avec tache verte au centre. » Sierra Madre, 1800 m., mai 1899, n° 1024.

TAB. 2.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, grossie 2 fois.
3. — Calice avec les bractéoles, id.
4, 5, 6. — Etendard, aile, carène, id.
7. — Etamines, grossies 3 fois.
8. — Ovaire, id.
9. — Légume ouvert, de grandeur naturelle.
10. — Section longitudinale de la graine, grossie 3 fois.

Brongniartia inconstans Ser. Wats. Proc. Am. Acad. XXII (1889) 404. — « Plante ligneuse, à fleurs blanches et violettes. » Environs de Las Mesitas, 700 m., sol granitique, mai 1898, n. 189, 190.

Tephrosia crassifolia Benth. Bot. Voy. Sulph. 80. — « Plante de 50 cm., à fleurs blanches », Sierra Madre, 1400 m., février 1899, n. 851 *bis*.

Tephrosia Langlassei n. sp., herbacea patentim pilosa, foliolis ovatis acutis, nervis parallelibus distantibus, inflorescentiis racemosis folia superantibus. — *Tab. nostra 3*.

Herbacea, 50 cm. alta, undique patentim rufo-pilosa. Stipulæ persistentes, elongatæ, lineari-subulatæ, pilosæ. Folia imparipinnata, 4-5-juga ; petiolo communi gracili, patentim piloso, 8-9 cm. longo ; foliola brevissime petiolulata, inferiora cauli approximata, anguste ovata, basi rotundata, apicem versus sensim angustata, acuta vel acuminata, longiuscule mucronata, membranacea, supra puberula, subtus fulvo-pilosa, reticulato-venosa, nervis parallelibus, minus quam in speciebus congenericis approximatis, terminale 7-8 cm. longum, 2 cm. latum, inferiora 4-5 cm. longa, 1, 5 cm. lata. Inflorescentiæ in racemos terminales axillaresque folia superantes dispositæ; flores fasciculati, longiuscule (1 cm.) pedicellati ; bracteæ lineari-subulatæ, pilosæ ; pedicelli graciles. Flores speciosi, pallide lilacini. Calyx pilosus, 1,5 cm. longus ; tubo brevi, lato, lobis subulatis multo breviore. Vexillum fere orbiculare, breviter stipitatum, extus sericeum, 2 cm. longum; alæ fere liberæ, oblique ovatæ, vexillo paullo breviores ; carina lata, breviter et obtuse rostrata. Stamen vexillare more generis imâ basi liberum, superne connatum. Ovarium pilosum, 5-7-ovulatum ; stylus incurvus, longitudinaliter barbatus. Legumen 5-7-spermum, planum, pilosum, apiculatum, (immaturum) 4-5 cm. longum, 5-7 mm. latum. — « Plante de 50 cm., fleurs rouge violet », Sierra Madre, 1750 m., janvier 1899, n. 798.

Obs. — Cette espèce paraît rentrer dans le sous-genre *Brissonia* par ses inflorescences, son style barbu, etc.; les dents très allongées du calice seraient plutôt celles du sous-genre *Reineria*. Cependant les nervures des feuilles sont moins rapprochées et moins strictement parallèles que dans les nombreuses espèces de ce genre, auquel cette plante doit évidemment être rapportée.

TAB. 3.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, de grandeur naturelle.
2. — Foliole (face inférieure).
3. — Calice ouvert.
4, 5, 6. — Etendard, aile, carène.
7. — Etamines.
8. — Ovaire.
Fig. 3 à 8 grossies 3 fois.

Tephrosia major n. sp., fruticosa velutina, foliolis uni- vel bijugis magnis coriaceis, floribus parvis. — *Tab. nostra 4.*

Caulis basi lignosus, erectus, metralis, angulatus, tomento nigrescente dense velutinus. Stipulæ cito deciduæ non visæ. Folia imparipinnata, petiolo communi 4-7 cm. longo, velutino-tomentoso, supra canaliculato; foliola 1-2-juga, breviter petiolulata, anguste ovata, utrinque obtusa, coriacea, supra nitida, ad nervos parce tomentella, subtus dense velutino-tomentosa, venis elevatis parallelibus parum distantibus, terminale multo majus 16-18 cm. longum, 5-6 latum, cætera 8-10 cm. longa, 3-4 lata. Inflorescentiæ spicatæ, elongatæ (25-30 cm.), terminales vel axillares. Flores mediocres breviter pedicellati, secundum axem in fasciculos distantes dispositi, rhachi ad fasciculos nodosa. Bracteæ breves, 3-5 mm. longæ, lineares, tomentosæ, caducæ; bracteolæ non visæ. Calyx griseo-tomentosus, tubo lato, lobis distantibus lineari-lanceolatis, inferioribus longioribus tubum æquantibus, superioribus brevibus altius connatis. Petala breviter unguiculata, pallide lilacina, carina saturatior: vexillum latum, orbiculare, emarginatum, sub anthesi reflexum, extus dense tomentosum, 2 cm. longum; alæ carinæ leviter adhærentes, hinc breviter auriculatæ, vexillum æquantes; carina lata, breviter et obtuse rostrata. Stamen vexillare more generis basi liberum, superne adnatum. Ovarium dense tomentosum, 6-8-ovulatum; stylus incurvus, longitudinaliter barbatus, stigmate parvo. Legumen subcylindricum, 3-4 cm. longum, 5-7 mm. latum, tomentosum, apiculatum, inter semina parva farctum. — « Plante ligneuse, de 1 mètre, fleurs blanches à tache violette. » El Ocote, 700 mètres, décembre 1898, n. 716.

Obs. — Cette espèce qui au premier abord rappelle le *T. crassifolia* Benth. en

diffère suffisamment, par ses folioles au nombre de 3 à 5 et non de 5 à 9, par les dents du calice lancéolées-aiguës et non sétacées-acuminées, par les rameaux rigides et non flexueux, etc.

TAB. 4.

Fig. 1. — Rameau fleuri, grosseur réduite.
2. — Extrémité d'inflorescence, grandeur naturelle.
3. — Foliole terminale, grandeur naturelle.
4. — Bouton, gr. 2 fois.
5. — Calice ouvert, id.
6, 7, 8. — Etendard, aile, carène, gr. 2 à 3 fois.
9. — Etamines, gr. 3 fois.
10. — Ovaire, id.
11. — Jeune fruit, grandeur naturelle.

Tephrosia nitens Benth. Seem. Voy. Herald 107, t. XIX. — « Plante ligneuse, de 0 m. 75, fleurs rouge violet. » La Botella, 500 m., sol granitique, novembre 1898, n. 670.

Tephrosia tenella Gray Pl. Lindh. II 172. — « Plante ligneuse touffue, haute de 0 m. 50, fleurs d'un rouge vineux, » Cerro-Pedregoso, près d'El Ocote, 500 m., octobre 1898, n. 549.

Tephrosia toxicaria Pers. Syn. II 329. — « Plante de 0 m. 40, à fleurs blanc et rose, » Mont S. Cristobal, septembre 1898, n. 324. — Forma foliolis angustis, « arbrisseau de 2 m. 50, à fleurs rose foncé et blanc, » Sierra Madre, 1300 m., novembre 1898, n. 596.

Olneya Tesota Gray Mem. Americ. Acad. N. Sc. 1855, 328. — « Arbre rabougri. » environs de Panda, 250 m., n. 118 (fruits seulement).

Gliricidia maculata H. B. K. Nov. Gen. VI 393. — Nom. vern. Cacahuanach, « arbre de 6-8 m., fleurs roses », San Felipe, 100 m., 1899, n. 710.

Diphysa sennoides Benth. in Benth. et Oerst. Legum. Centro-amer. 10. — Nom. vern. Cas-cabelillo, « arbre élancé de 3-4 m., » Monte de los Frenos, mars 1898, n. 43 ; Sierra Madre, 1700 m., avril 1899, n. 1002.

Coursetia madrensis n. sp., fruticosa, foliolis 8-10-jugis, inflorescentiis fasciculatis brevioribus. — *Tab. nostra 6.*

Frutex trimetralis, parce glandulosus, in partibus novellis tomentoso-pubescens. Stipulæ breves apiculatæ. Folia imparipinnata, petiolo communi dense tomentoso : foliolis 8-10-jugis, brevissime petiolulatis, ovatis, mucronatis, supra adpresse pubescentibus, subtus dense sericeis, 12-15 mm. longis, 6-8 mm. latis. Inflorescentiæ in fasciculos axillares 8-10-floros dispositæ. Flores longiuscule pedicellati, rubri luteo-maculati ; pedicellis erectis 2 cm. longis, prope basin bracteas duas minimas caducas gerentibus ; bracteolis nullis. Calyx 1 cm. longus, glanduloso-pubescens, dentibus inter se æqualibus, superioribus vix altius coalitis, tubum æquantibus. Petala calycem valde superantia, 2-2,5 cm. longa, subæqualia. Vexillum orbiculare, supra basin biauriculatum et bicallosum ; alæ liberæ, obtuse ovatæ ; carina lata, rostro recto, acuto terminata. Stamen vexillare a basi valde geniculatâ liberum. Ovarium breviter stipitatum, dense glanduloso-pubescens, pluriovulatum. Legumen (immaturum) 14-15 cm. longum, 4-5 mm. latum, ad semina torulosum, lateraliter sinuatum, tomentoso-pubescens, 15-20-spermum. — « Arbrisseau épineux, de 3 m., à fleurs rouge sang avec macule orange, » Sierra Madre, 1600 m., sol granitique, juin 1899, n. 1051.

Tab. 6.

Fig. 1. — Rameau fleuri, grandeur naturelle.
2. — Paire de folioles, gr. 2 fois.
3. — Calice, gr. 3 fois.
4. — Calice ouvert, id.
5, 6, 7. — Etendard, aile et carène, id.
8. — Etamines, id.
9. — Ovaire, id.
10. — Rameau avec fruits, grandeur naturelle.

Coursetia microphylla Gray Proc. Am. Ac. XVII 201. — « Arbre de 5-6 m., fleurs roses à centre jaune, » Petatlan, 50 m., janvier 1899, n. 729.

Coursetia planipetiolata n. sp., fruticosa glanduloso-pubescens, petiolis complanatis anguste alatis, racemis folia superantibus laxifloris. — *Tab. nostra 5.*

Frutex bimetralis, undique copiose glanduloso-pubescens. Folia pauca, imparipinnata, 6-8 cm. longa, petiolo communi complanato et anguste alato, glanduloso-puberulo. Foliola 2-3-juga, ovata vel obovata, utrinque obtusa, breviter petiolulata, longiuscule mucronata, coriacea, supra adpresse puberula, subtus pubescentia, 20-

25 mm. longa, 10-15 lata, terminale majus. Stipulæ lineares apiculatæ. Inflorescentiæ in racemos axillares et terminales laxifloros dispositæ ; racemi 8-12-flori, folia valde superantes, ad 15 cm. longi, rhachi dense glanduloso-pubescente. Flores pedicellati, pedicellis gracilibus, 15 mm. longis, sub anthesi patentibus; bracteæ anguste lineares, glandulosæ, cito deciduæ ; bracteolæ nullæ. Calyx copiose glanduloso-pubescens, 8 mm. longus, dentibus tubum latum fere æquantibus, superioribus vix altius coalitis. Petala rosea, calycem multo superantia, 15-18 mm. longa, inter se fere æqualia; vexillum orbiculare, breviter unguiculatum, supra basin biauriculatum et obscure bicallosum ; alæ liberæ, oblique ovatæ ; carina lata obtuse rostrata. Stamen vexillare a basi liberum. Ovarium glandulosum, pluriovulatum, subsessile, stylo longitudinaliter barbato. Legumen elongato-lineare, inter semina constrictum et lateraliter obscure sinuatum, 10-12-spermum, 12 cm. longum. — « Arbrisseau de 2 m., à fleurs d'un blanc rosé, » rives du San Luis, 150 m., mars 1899, n. 931.

TAB. 5.

Fig. 1. — Inflorescence, grandeur naturelle.
2. — Partie supérieure d'une feuille, gr. 2 fois.
3. — Calice, gr. 3 fois.
4. — Calice ouvert, gr. 5 fois.
5, 6, 7. — Etendard, aile, carène, gr. 3 fois.
8. — Etamines, gr. 5 fois.
9. — Ovaire, id.
10. — Fruit, grandeur naturelle.
11. — Fruit ouvert, id.

Cracca mollis Benth. et Oerst. Leg. Centro-Am. 8. — « Plante ligneuse, de 1 m. 50, à fleurs jaunes rayées de brun, » alluvions du Coajuquillo, 100 m., février 1899, n. 830.

Sesbania macrocarpa Mühl. ex Rafin. Fl. Ludov. 137. — « Arbrisseau de 2 m. 50, tige flexible, fleurs jaunes à pétales pointillés de noir, » environs du Calabazal, octobre 1898, n. 462.

HEDYSAREÆ

Stylosanthes humilis H. B. K. Nov. Gen. et Spec. VI 506, t. 594. — « Plante herbacée, rampante, à fleurs jaunes, » Chaveta, 250 m., octobre 1898, n. 518.

Nissolia fruticosa Jacq. Amer. 198, t. 179 fig. 44. — « Tige grimpante, » El Calabazal, 200 m., septembre 1898, n. 473.

Zornia diphylla Pers. Syn. II 318. — « Plante herbacée, de 0 m. 40, à fleurs jaunes, » Cerro-Pedrogoso, El Ocote, 400 m., octobre 1898, n. 532.

Aeschynomene americana L. Sp. Pl. 1016 (Euæschynomene). — « Plante ligneuse, de 0 m. 70, à fleurs d'un rose foncé, » El Calabazal, 200 m., octobre 1898, n. 476 (forma pubescens), n. 455 (forma minor, glabrior).

Aeschynomene hispida Willd. Sp. Pl. III 1163. — « Petit arbrisseau de 1 m. 50, à fleurs d'un blanc jaunâtre, » Baquetas, 150 m., octobre 1898, n. 492.

Aeschynomene madrensis n. sp. (Ochopodium), suffruticosa, ramis debilibus, foliolis 9-10-jugis majusculis ovatis, racemis axillaribus confertiflоris, bracteis bracteolisque brevibus latis, calycis dentibus brevibus obtusis, ovario 2-3-ovulato, leguminis articulis latis. — *Tab. nostra 8.*

Caulis debilis, 1 m. 50, cylindricus, obscure canaliculatus, inferne puberulus, superne copiose plus minus viscide pubescens. Stipulæ majusculæ, 1,5 cm. longæ, persistentes, late ovatæ, basi subcordatæ, nervosæ, ciliolatæ. Folia sub anthesi vix evoluta, demum 8-9 cm. longa ; petiolo communi fere a basi foliolato, pubescente. Foliola brevissime petiolulata, coriacea, oblongo-ovata, mucronata, supra glabrata vel parce pilosula, subtus pubescentia, reticulato-venosa, 10-15 mm. longa, 7-9 mm. lata. Racemi axillares, sub anthesi folia vix evoluta superantes, 3-4 cm. longi, confertiflori, viscoso-pubescentes ; pedicelli breves graciles ; bracteæ caducæ, lanceolatæ, 2 mm. longæ ; bracteolæ latæ, fere rotundatæ, tubi calycini vix dimidiam partem æquantes. Flores flavi, brunneo-striati. Calyx latus, 4-5 mm. longus, puberulus ; dentibus obtusis, brevibus, carinali longiore acuto. Vexillum orbiculare, stipitatum, semi-reflexum, basi nudum, 1 cm. longum ; alæ vexillum æquantes, obovatæ ; carina brevior, valde incurva, obtuse rostrata, hinc auriculata. Staminum vagina utrinque fissa. Ovarium stipitatum, pubescens, 2-3-ovulatum. Legumen longe stipitatum, pubescens ; articulis 2-3 latis, rotundato-reniformibus, sinu profundo ab isthmo brevi excentrico separatis. — « Plante de 1 m. 50, à tige flexible et fleurs jaunes rayées de brun, » Sierra Madre orientale, 1500 m., février 1899, n. 865.

Obs. — Cette espèce est voisine de l'*A. petræa* Robinson Proc. Am. Acad. 1892 XXVII 166 (= Pringle n. 5147) ; elle me semble toutefois s'en distinguer suffisamment par ses folioles obtuses et obscurément mucronées, en 8 à 10 paires et non

mucronées et en 15 à 25 paires, et par ses stipules obliquement ovales, larges et non linéaires, très aiguës, etc.

TAB. 8.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, grandeur naturelle.
2. — Feuille adulte, id.
3. — Fleur, gr. 6 fois.
4. — Calice ouvert, id.
5, 6, 7. — Etendard, aile et carène, id.
8. — Les deux faisceaux d'étamines, id.
9. — Ovaire, id.
10. — Fruit, gr. 2 fois.

Aeschynomene oligantha n. sp. (Ochopodium), fruticosa, foliolis 25-30-jugis lineari-oblongis, pedunculis axillaribus pauciflоris, bracteis bracteolisque ovato-cordatis, calycis dentibus (carinali excepto) tubo brevioribus, ovario 3-4-ovulato, legumine 1-2-articulato.

Caulis 60 cm. longus, basi lignosus, ramosus ; ramis gracilibus, parce adpresse puberulis. Stipulæ lineari-lanceolatæ, acutæ, glabræ, striatæ, 5-6 mm. longæ. Folia 4-5 cm. longa, a basi foliolata. Foliola 5-6 mm. longa (superiora breviora), costâ excentricâ obliqua, obtusa, mucronata, subtus adpresse puberula. Pedunculi axillares sæpius 1-2-flori, foliis breviores, 2 cm. longi, bracteas plures ovato-cordatas, striatas gerentes ; bracteolæ anguste lanceolatæ, calycem æquantes. Flores flavi. Calyx campanulatus, 4-5 mm. longus, extus striato-pubescens; dentes superiores lati, tubo breviores, carinalis longior, lineari-acuminutus. Vexillum late ovatum, glabrum, fere 1 cm. longum ; alæ paullo longiores ovatæ, hinc breviter auriculatæ; carina alis brevior, 5 mm. longa, valde incurva, obtusa. Ovarium vix stipitatum, 3-4-ovulatum, puberulum ; stylo longo, tenui. Legumen (immaturum) breviter stipitatum, puberulum, sæpius biarticulatum, articulis reniformibus sinu profundo separatis. — Species dubia, cum *A. fasciculari* Cham. et Schlechtdl. Linn. V 584 forsan synonyma, a qua quidem floribus solitariis differre videtur. — « Plante ramifiée, de 0 m. 60, à fleurs jaunes, » Mata de Dios, 200 m., octobre 1898, n. 431.

Aeschynomene paucifoliolata n. sp. (Ochopodium), fruticosa, ramis gracilibus erectis, foliolis 5-6 alternis majusculis, racemis axillaribus laxifloris, legumine 2-3-articulato. — *Tab. nostra 9.*

Suffrutex bi-trimetralis, erectus, glaber ; ramis gracilibus ; cortice griseo. Folia imparipinnata ; foliolis 6 alternis ; rhachi gracili, glabra, 3-4 cm. longa. Stipulæ lineari-subulatæ, 3 mm. longæ, caducæ. Foliola subcoriacea, supra glabra

reticulato-venosa, subtus glabra vel adpresse puberula ; terminale majus, 3-4 cm. longum, 1,5 cm. latum, ovato-rhombeum, utrinque acutum, mucronatum ; lateralia minora, basin versus, usque ad 1,5 cm. degredientia, ovata, obtusa, mucronata, breviter petiolulata. Inflorescentiæ axillares, in racemos folia superantes, 6-7 cm. longos dispositæ. Pedunculi graciles, solitarii, vel 2-3-fasciculati. Flores saturate rosei; pedicellis 3-4 mm. longis. Bracteæ parvæ, scariosæ, deciduæ; bracteolæ basi calycis adpressæ, persistentes. Calycis glabri, 4-5 mm. longi lobi tubo breviores, infimus longior, laterales obtusi, superiores altius connati. Vexillum late obovatum, breviter unguiculatum, basi nudum, 10 mm. longum; alæ obovatæ, vexillo vix breviores, hinc auriculatæ ; carina arcuata, obtuse rostrata. Stamina in phalangas duas æquales disposita. Ovarium longiuscule stipitatum, 4-ovulatum, obscure puberulum. Legumen inæqualiter sinuatum ; articulis 2-3 planis, 1 cm. longis, reticulato-venosis. — Affinis *A. Palmeri* Rose Contr. U. St. Nat. Herb. 1899 V 192, sed foliis floribusque satis distincta. — « Arbrisseau de 2-3 m., à fleurs rose foncé, » El Calabazal, 200 m., entre les rochers granitiques, octobre 1898, n. 474.

TAB. 9.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, grossie 6 fois.
3. — Calice ouvert, id.
4, 5, 6. — Etendard, aile et carène, id.
7. — Faisceau d'étamines, id.
8. — Ovaire, id.
9. — Fruit, grossi 2 fois.

Aeschynomene simulans Rose Contr. U. St. Nat. Herb. V 192 (Ochopodium). — « Plante ligneuse, de 1 m. 50, à tige flexible et à fleurs jaunes, » Sierra Madre, 1200 m., février 1899, n. 847.

TAB. 7.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, gr. 4 fois.
3. — Calice ouvert, gr. 5 fois.
4, 5, 6. — Etendard, aile et carène, id.
7. — Etamines, id.
8. — Ovaire, id.
9. — Fruit, gr. 2 fois.

Desmodium barbatum Benth. et Oerst. Leg. Centr.-Am. 18 (Nicolsonia). —

« Plante herbacée, à fleurs rouges, » Cerro-Pedregoso, Ocote, 450 m., octobre 1898, n. 529.

Desmodium brachystachyum Schldl. Linnæa XII 311 (Heteroloma). — « Arbre de 2-3 m., à fleurs violettes, » environs de Metzcaltequez, 400 m., mars 1899, n. 957.

Desmodium madrense n. sp. (Chalarium), caule herbaceo glabro erecto gracili, stipulis caducis, foliolis late ovatis, inflorescentiis terminalibus ample paniculatis, floribus parvis, legumine 3-4-articulato, articulis invicem plicatis. — *Tab. nostra 10.*

Caulis herbaceus, glaber, striatus, 0 m. 60 altus; rami graciles, patentes, glabri vel ad inflorescentias puberuli. Stipulæ cordato-lanceolatæ, acuminatæ, striatæ, 4 mm. longæ, cito deciduæ. Petioli communes 5-6 mm. longi; stipellæ lineari-aciculatæ, 2 mm. longæ. Foliola late ovata, basin versus latiora, obtusa, mucronulata, glabra, nitida, reticulato-venosa; terminale distans, majus, 2 cm. longum, 15 mm. latum; lateralia 15 mm. longa, 10 mm. lata. Racemi laxiflori in amplam paniculam 30-40 cm. longam dispositi; bracteæ stipuliformes, scariosæ, cito deciduæ. Rhachis supra puberula. Flores parvi, rubro-violacei, longiuscule pedicellati; pedicellis 8-10 mm. longis, gracilibus, patentibus. Calyx 5 mm. longus, subbilabiatus, lobis vexillaribus latis, fere usque ad apicem coalitis, carinalibus longioribus acutis. Vexillum late ovatum, vix stipitatum, 7-8 mm. longum; alæ et carina ovatæ, vix breviores. Ovarium glabrum. Legumen 3-4-articulatum, articulis quadratis, puberulis, invicem plicatis. — « Plante de 0 m. 60, à fleurs rouge violet, » Sierra Madre, 1000 m., janvier 1899, n. 764.

Obs. — On a déjà décrit, parmi les *Desmodium* de l'Amérique centrale, 3 espèces à légumes repliés : *D. cordistipulum* Hemsl., *plectocarpum* Hemsl., *plicatum* Schltdl., mais elles sont très différentes de notre espèce.

TAB. 10.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, grossie 6 fois.
3. — Calice ouvert, gr. 8 fois.
4, 5, 6. — Etendard, aile et carène, id.
7. — Ovaire, id.
8. — Légume, gr. 6 fois.

Desmodium nitidum Mart. et Gal. Bull. Acad. Brux. X, pars 2, 186. — « Arbuste de 3-4 m., à fleurs roses. » Ocote, 900 m., décembre 1898, n. 697.

Desmodium orbiculare Schltdl. Linnæa XII 311. — « Arbuste de 2 m., tige grêle, fleurs violettes. » environs de Faisan, 1200 m., septembre 1898, n. 333.

Desmodium plicatum Schltdl. Linnæa V 585. — « Nom. vern. Escobilla, tige de 1 m. à 1 m. 50, fleurs violettes. » Monte de la Pasacuarete, mars 1898, n. 73 b.

Desmodium pseudo-amplifolium n. sp. (Chalarium), caule lignoso tomentoso, stipulis caducis, foliolis amplis, inflorescentiis simpliciter racemosis laxifloris, floribus majusculis, leguminis 5-6-articulati sutura utraque æqualiter sinuata. — *Tab. nostra 11.*

Suffrutex caule debili, 3-metrali, cylindrico, sulcato, dense tomentoso-canescente. Stipulæ caducissimæ, oblique ovatæ, pubescentes, 6-7 mm. longæ. Folia trifoliolata, inferiora multo majora, longe petiolata; petiolo communi 8-10 cm. longo, cum ramulis sulcato, dense tomentoso. Foliola ovata vel lanceolata-ovata, superne sensim angustata, obtusa, longiuscule mucronata, supra parce et adpresse puberula, subtus adpresse tomentoso-albida, nervis elevatis: terminale lateralibus breviter petiolulatis vix majus, 3 cm. distans, 12-13 cm. longum, 4,5-5,5 cm. latum. Stipellæ majores, lineari-lanceolatæ, acutæ, pilosæ. Inflorescentiæ in racemos simplices, laxifloros, aphyllos, 20-30 cm. longos dispositæ, fulvo-tomentosæ. Bracteæ ovato-lanceolatæ, longe acuminatæ, pilosæ, juniores breviter comosæ, cito deciduæ. Flores secus axem per paria dispositi, majusculi, graciliter pedicellati; pedicellis sub anthesi patentibus, 7-9 mm. longis. Calyx puberulus 6 mm. longus, lobis tubum subæquantibus, superioribus altius coalitis, inferioribus vix longioribus. Petala albida, calyce duplo longiora. Vexillum obovatum, anguste emarginatum, 10-12 cm. longum; alæ ovatæ, obtusæ, vexillum æquantes; carina 6-7 mm. longa, late obtusa. Ovarium breviter stipitatum, puberulum. Legumen (immaturum) breviter stipitatum, pubescens. — « Arbrisseau à tige flexible, haut de 3 m., à fleurs blanches. » Sierra Madre, 1500 m., sol argileux, janvier 1899, n. 809.

Obs. — Cette espèce rappelle le *D. amplifolium* Hemsl. Biol. Centr.-Am., Bot. I 274, mais s'en distingue suffisamment par son inflorescence plus ample, plus légère, par ses fleurs blanches et plus grandes, par la nervation des feuilles, etc.

TAB. 11.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs et fruits, feuille normale détachée, grandeur naturelle.

2. — Fleur, gr. 3 fois.

3. — Calice ouvert, gr. 5 fois.

4, 5, 6. — Etendard, aile et carène, id.

Fig. 7. — Etamines, id.
8. — Ovaire, id.
9. — Légume, gr. 2 fois.

Desmodium scutatum Hemsl. Biol. Centr.-Am., Bot. I 287 (Heteroloma). — « Tige volubile, » environs de La Botella, 400 m., novembre 1898, n. 658.

Desmodium Skinneri Benth. Msc. in Herb. Kew. et Hemsl. Diagn. pl. nov., pars 3, 47 nec Bot. Mag. t. 5452 (Heteroloma). — Nom. vern. Escobilla, plante de 1 m. à 1 m. 50, fleurs violettes, » Monte de la Pasacuarete, mars 1898, n. 73 a.

Desmodium strobilaceum Schltdl. Linnæa XII 316 (Heteroloma).— « Arbuste de 1 à 3 m., à fleurs roses, » Sierra Madre, 1100 m., novembre 1898, n. 560; versant oriental, 1800 à 2000 m., février 1899, n. 869.

Desmodium uncinatum DC. Prodr. II 331 (Heteroloma). — « Tige volubile, fleurs violettes, feuilles et tiges couvertes d'un duvet qui s'attache aux vêtements, » La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 418.

Desmodium viridiflorum Beck Bot. U. St. 84 (Chalarium). — « Tige unique de 1 m. 50, fleurs rouge violet, » El Ocote, 300 m., octobre 1898, n. 552. (Echantillon incomplet, douteux.)

Desmodium sp.? (forte *D. Barclayi* Benth. affine). — « Plante herbacée, à fleurs rosâtres, » El Ocote, sol granitique, 500 m., décembre 1898, n. 723 bis.

PHASEOLEÆ

Centrosema pubescens Benth. in Ann. Wien. Mus. II 119. — « Tige volubile, fleurs rose violet », Sierra Madre, 1000 m., novembre 1898, n. 679.

Centrosema virginianum Benth. l. c. 120. — « Tige volubile, fleurs roses tachetées de violet », Sierra Madre, 1200 m., novembre 1898, n. 625.

Clitoria polystachya Benth. Pl. Hartw. 60. — « Arbrisseau de 1 m., fleurs bleues à macules violettes », La Tuveria, 900 m., septembre 1898, n. 331.

Erythrina Corallodendron L. Sp. Pl. 992. — « Arbrisseau à tige retombante, épineuse, fleurs d'un rouge sang », Rives du Rio Petatlàn, 500 m., novembre 1898, n. 676.

Mucuna urens DC. Prod. II 405. — « Liane à fleurs vert foncé », La Morena, 500 m., décembre 1898, n. 706 bis; environs d'Acalpica, mai 1898 (en fruit), n. 172.

Calopogonium cæruleum Desv. Ann. Sc. Nat., Ire série, IX 423. — « Plante grimpante », delta de las Balsas, alluvions, juin 1898, n. 208; La Botella, alluvions, 350 m., novembre 1898, n. 660.

Galactia tenuiflora Wight et Arn. Prod. Fl. Ind. 206. — « Plante grimpante, à fleurs roses », environs d'El Ocote, 700 m., décembre 1898, n. 695.

Canavalia acuminata Rose in Palmer Pl. of Mexico n. 1036. — « Liane », San Geronimito, 75 m., décembre 1898, n. 714 b.

Canavalia obtusifolia DC. Prodr. II 404. — « Plante grimpante, à fleurs rouge violet, odorantes », plage sablonneuse à Coyuquillo, janvier 1899, n. 734.

Canavalia villosa Benth. in Ann. Wien. Mus. II 135. — Liane à fleurs violettes; nom. vern. Patito », Mt. S. Helena, 1250 m., mars 1898, n. 65; Sierra Madre 1400 m., février 1899, sans numéro.

Cologania pulchella H. B. K. Nov. Gen. VI 413. — « Tige grimpante, fleurs rouge violet », environs de Los Llanos, 1600 m., juin 1899, n. 1064.

Phaseolus atropurpureus DC. Prodr. II 395. — « Plante grimpante, à fleurs rouge foncé », Cerro-Pedrogoso, El Ocote, octobre 1898, n. 538.

Phaseolus brevicalyx n. sp. (Macroptilium?), repens gracilis patentim pilosus, foliolis membranaceis, pedunculis axillaribus apice paucifloris, calyce late campanulato brevi, alis carinam valde superantibus. — *Tab. nostra 12.*

Caulis gracilis, repens, undique pilis sparsis, patentibus, fulvis obsitus. Stipulæ late ovatæ, 2 mm. longæ, patentes, striatæ. Petioli communes graciles, 2-3 cm. longi. Foliola membranacea, stipellata, inæqualia, pilis raris conspersa ciliataque,

utrinque reticulato-venosa; terminale distans, majus, 4 cm. longum, 2 cm. latum, rhombeo-ovatum, ad apicem sensim angustatum, acutum ; lateralia minora, inæquilatera. Inflorescentiæ axillares, folia vix superantes; pedunculi graciles, in parte superiore 4-5 flores gerentes. Bracteæ et bracteolæ parvæ, deciduæ. Flores mediocres, pedicellati, rubro-violacei. Calyx brevis, 2 mm. longus, late campanulatus, quinquedentatus, dentibus superioribus altius connatis, pilis raris fragilibusque hirsutus, nigro-punctatus. Vexillum latum, emarginatum, sub anthesi plus dimidiam partem reflexum, basi biauriculatum, 8-10 mm. longum; alæ (more Macroptiliorum) vexillum superantes, 12 mm. longæ, ovatæ, hinc breviter auriculatæ; carina anguste bi-trispiralis. Staminis vexillaris filamentum supra basin incrassatum. Legumen 3-4-spermum, glabrum, (immaturum) breve, falcatum. — Sierra Madre, 1750 m., janvier 1899, n. 791.

Obs. — Cette espèce se rattache à la section *Macroptilium* par la forme de sa fleur, par les ailes dépassant notablement l'étendard et par l'aspect du fruit. Elle s'en éloigne cependant par son calice qui n'est pas tubuleux comme chez les autres espèces de ce groupe.

TAB. 12.

Fig. 1. — Rameau, avec fleurs et fruits, de grandeur naturelle.
2. — Inflorescence partielle, gr. 2 fois.
3. — Calice et bractéoles, gr. 6 fois.
4. — Calice ouvert, id.
5, 6, 7. — Etendard, aile, carène, id.
8. — Etamines, id.
9. — Ovaire, id.

Phaseolus Buseri n. sp. (Euphaseolus), volubilis glaber, foliolis amplis acuminatis, pedunculo folia æquante ad dimidiam partem florifero, calycis lobis omnibus latis obtusis, summis brevioribus, carina vix spiram completam formante. — *Tab. nostra 13.*

Caulis volubilis, glaber, obscure striatus. Stipulæ breves, 2-4 mm. longæ, latæ, obtusæ, striatæ. Petiolus communis 5-6 cm. longus, supra canaliculatus. Foliola 7-8 cm. longa, 4-5 cm. lata, late ovata, longe acuminata, membranacea, utrinque glabra, reticulato-venosa; lateralia inæquilatera; terminale distans (1,5 cm.); petiolulo articulato. Stipellæ lineari-lanceolatæ, striatæ, petiolulum æquantes. Inflorescentiæ axillares, in racemos folia vix æquantes dispositæ; pedunculo secundum $^2/_3$ longitudinis suæ florifero. Bracteæ magnæ, 10-12 mm. longæ, striatæ, late ovatæ, obtusissimæ, cito deciduæ; bracteolæ squamiformes, parvæ. Calyx late campa-

nulatus, 5-6 mm. longus, basin versus attenuatus; lobis tubo multo brevioribus, latis, obtusis, superioribus altius connatis. Vexillum fere orbiculare, emarginatum, sub anthesi reflexum, base biauriculatum, 1,5 cm. longum, 2 cm. latum; alæ ovatæ, obtusæ, 2 cm. longæ; carina vix spiram completam formans, latiuscula, alis paullo brevior. Stamen vexillare basi valde geniculatum. Stigma longe barbatum. Legumen ignotum. — « Plante grimpante, fleurs blanches à macule violette », alluvions près de La Botella, 350 m., novembre 1898, n. 661.

Obs. — D'après les stipules, cette espèce rentre évidemment dans la section *Euphaseolus* et dans le premier groupe caractérisé par les lanières larges et courtes du calice. Mais elle se distingue nettement des autres espèces, *Ph. pius, firmulus, crassifolius*, etc.

TAB. 13.

Fig. 1. — Rameau avec fleurs, de grandeur naturelle.
2. — Bouton, gr. 2 fois.
3. — Calice ouvert, gr. 3 fois.
4, 5, 6. — Etendard, aile, carène, id.
7. — Etamines, id.
8. — Style et Stigmate, id.

Phaseolus lunatus L. Sp. Pl. 1016. — « Plante grimpante, à fleurs rosâtres ». delta de las Balsas, alluvions sablonneuses, juin 1898, n. 204; environs de Metzcaltepec, 450 m., mars 1899, n. 958.

Phaseolus truxillensis H. B. K. l. c. VI 451. — « Fleurs roses », Sierra Madre, 600 m., novembre 1898, n. 626; delta de las Balsas, juin 1898, n. 204 bis; 205 bis; Cerro-Verde, 1400 m., novembre 1898, n. 582.

Vigna lutea A. Gray Bot. U. S. Explor. Exped. I 452 (?). — « Tige grimpante, à fleurs violettes et blanches », Sierra Madre, 1750 m., sol argileux, janvier 1899, n. 799.

Vigna luteola Benth. in Mart. Fl. Bras., fasc. XXIV 193, t. 50 fig. 2. — Delta de las Balsas, juin 1898, n. 203.

Pachyrhizus angulatus Rich. in DC. Prodr. II 402. — « Nom. vern. Jicamo manzo. Tige volubile, fleurs violettes, bulbes comestibles », La Correa, 50 m., n. 437.

Pachyrhizus palmatilobus Benth. et Hook. Gen. Plant. I 540. - « Nom. vern. Jicamo silvestre. Plante rampante, à fleurs d'un violet foncé », Mont S. Cristobal près de Valle grande, septembre 1898, n. 323; environs de La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 436.

Rhynchosia bicolor n. sp., volubilis pubescens, foliis trifoliolatis subtus haud resinosis, impari distante, inflorescentiis axillaribus racemosis folia superantibus. — *Tab. nostra 14.*

Caulis volubilis, pubescens. Stipulas cito deciduas non vidi. Folia trifoliolata; petiolo communi patente, 2,5—3,5 cm. longo, viscoso-tomentoso. Foliolum terminale ab lateralibus 1,5 cm. distans, ovato-rhombeum, longe acuminatum, exstipellatum, utrinque pubescens, subtus elevate reticulato-venosum, 5 cm. longum, 4 cm. latum; lateralia minora, petiolulata, valde inæquilatera. Racemi axillares, folia superantes, sub anthesi 10—12 cm. longi; rhachis supra dimidiam partem florifera, tomentosa. Bracteæ lineares, parvæ, ante anthesin deciduæ. Pedicelli florum 2 mm. longi. Calyx glanduloso-pubescens, 6 mm. longus; lobis tubum paullo superantibus, angustis, acutis. Vexillum late ovatum, 10 mm. longum, breviter stipitatum, basi biappendiculatum, saturate purpureum, extus glanduloso-pubescens; alæ leviter adhærentes, hinc auriculatæ, vexillum æquantes, cum carina obtusa glabræ, luteæ. Stamen vexillare geniculatum. Ovarium pubescens, biovulatum. Legumen ignotum. — « Tige volubile, fleurs jaunes tachées de rouge vineux », Cerro-Pedregoso, El Ocote, 550 m., octobre 1898, n. 549 bis.

Obs. — En l'absence de fruits, il est difficile d'affirmer si cette plante est un *Rhynchosia* ou un *Eriosema*. Son aspect général la rattache plutôt au premier de ces genres. Comme espèce, elle n'est pas très éloignée du *Rh. phaseoloides* dont elle se distingue surtout par l'absence de ponctuations résineuses sur les feuilles et par l'étendard. Elle occupe une position un peu intermédiaire entre les sections *Copisma* et *Arcyphyllum*.

TAB. 14.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Fleur, gr. 4 fois.
3. — Calice ouvert, gr. 6 fois.
4, 5, 6. — Etendard, aile, carène, id.
7. — Etamines, id.
8. — Ovaire, id.
9. — Section longitudinale de l'ovaire, gr. 2 fois.

Rhynchosia caribæa DC. Prodr. II 384. — « Tige volubile, fleurs jaunes. » Sierra Madre, versant oriental, 2000 m., février 1899, n. 858.

Eriosema grandiflorum Cham. et Schlchtdl. Linnæa V 588. — « Plante de 0 m. 50, à fleurs jaunes », environs de Las Valles, 650 m., sol granitique, mars 1899, n. 962.

Cajanus indicus L. Spreng. Syst. III 268. — « Arbuste de 2-3 m., à fleurs jaunes », Sierra Madre, 1000 m., sol argileux, mars 1899, n. 981.

Incertæ sedis : n. 583, « Arbrisseau de 1 m., à fleurs rouge vif, tachées de blanc », Cerro-Verde, 1200 m., sol rocailleux, région des chênes, novembre 1898, échantillon trop jeune, en boutons; est peut-être un *Dioclea,* comme aussi les n. 925, 927 bis (fruits seulement).

DALBERGIEÆ

Dalbergia campeachiana Benth. in Journ. Linn. Soc. IV, Suppl., 37. « Liane à fleurs blanches », Sierra Madre, 1000 m., sol granitique, avril 1899, n. 999.

Machærium biovulatum n. sp., arbor stipulis foliaceis parvis, foliolis alternis ovato-oblongis, paniculis axillaribus folia superantibus, vexillo sericeo, staminibus diadelphis, ovario biovulato. — *Tab. nostra 15.*

Arbor 5-6-metralis, siccitate haud nigricans. Spinæ (stipulæ induratæ?) hinc inde recurvæ, validæ. Stipulæ ovatæ, reflexæ, 8-10 mm. longæ. Petioli communes 10-12 cm. longi, patentes, glabri. Foliola 15-17, alterna, 3-4 cm. longa, 15-18 mm. lata, ovato-oblonga, obtusa vel leviter emarginata, coriacea, supra nitida, subtus glabra, costa puberula, venis crebris anastomosantibus, petiolulis 2-3 mm. longis. Panicula axillaris, ramosa, folium superans, 20-25 cm. longa, dense fusco-tomentosa; ramuli fasciculati, 2-3 cm. longi; bracteis stipuliformibus, deciduis. Pedicelli 2-3 mm. longi. Bracteolæ orbiculares, obtusæ, calycis dimidiam partem æquantes. Flores violacei, carina luteola. Calyx 4-5 mm. longus, extus dense fusco-pilosus, dentibus brevissimis. Petala unguiculata, 10-12 mm. longa; vexillum parce sericeum; carina incurva, obtusa, alas æquans. Stamina plus dimidiam partem diadelpha. Ovarium stipitatum, biovulatum, pubescens. Legumen (immaturum) fulvo-sericeum. — Cerro-Pedregoso, El Ocote, 300 m., octobre 1898, n. 526.

Obs. — La présence de 2 ovules peu fréquents chez les *Machærium* suffit pour distinguer cette espèce des voisines et en particulier du *M. Moritzianum* Benth. avec lequel elle a quelques rapports. Ce genre riche en espèces dans l'Amérique méridionale et en particulier au Brésil est peu représenté dans l'Amérique centrale.

TAB. 15.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Fleur avec bractéoles, gr. 3 fois.
3. — Calice ouvert, gr. 4 fois.
4, 5, 6. — Étendard, aile, carène, id.
7. — Etamines, id.
8. — Ovaire, id.
9. — Ovaire en coupe longitudinale, id.

Pterocarpus aphyllus n. sp., arbor foliis per anthesin deficientibus ignotis, racemis simplicibus in amplam paniculam terminalem dispositis, pedicellis calycem æquantibus, staminibus monadelphis vagina antice fissa, legumine plano orbiculato late alato. — *Tab. nostra 16.*

Arbor 6-8-metralis; cortice griseo vel albido; ramulis tomentosis. Folia ignota. Racemi simplices, ad apicem ramorum in paniculam amplam dispositi; rhachis 12-14 cm. longa, gracilis, cinereo-tomentosa. Flores secus rhachin laxe dispositi; pedicellis gracilibus, tomentosis, sub anthesi plus minus nutantibus, 5-6 mm. longis. Bracteæ minimæ, caducissimæ; bracteolæ parvæ, vix 1 mm. longæ, lineares. Flores flavi, speciosi. Calyx 8-10 mm. longus, incurvus, dense velutino-tomentosus; dentibus brevibus, carinali paullo longiore, vexillaribus latioribus, vix altius connatis. Vexillum calyce fere duplo longius, stipitatum, stipite tubum calycinum fere æquante, lamina late orbiculata, sub anthesi reflexa; alæ liberæ, late et oblique ovatæ, 10 mm. longæ; carina obtusa, petalis breviter coalitis. Stamina monadelpha, vagina antice fissa. Ovarium sessile, tomentosum, 4-6-ovulatum. Legumen orbiculare, 3-4 cm. longum et latum, griseo-tomentosum. Semina reniformia. Radicula brevis. — La Orilla, 30 m., mai 1898, n. 123 (fruits); La Barranca (Guerrero), 150 m., mai 1898, n. 157 (fleurs). Nom. vern. Llora sangre.

Obs. — Cette espèce est la seule du genre *Pterocarpus* dont la floraison ait lieu avant le développement des feuilles. Celles qui ont été découvertes et décrites dernièrement dans l'Amérique centrale présentent fleurs et feuilles en même temps : le *P. acapulcensis* Rose a l'inflorescence beaucoup moins dense et le fruit glabre; le *P. Hayesii* Hemsl. a le fruit glabre et l'inflorescence plus foncée; le *P. rufescens* Hemsl. a les fleurs plus petites.

TAB. 16.

Fig. 1. — Rameau fleuri, $^3/_4$ de grandeur naturelle.
2. — Fruits, de grandeur naturelle.
3. — Fleur, gr. 2 fois.

Fig. 4. — Calice, gr. 3 fois.
5. — Calice ouvert, id.
6, 7, 8. — Etendard, aile et carène, id.
9. — Etamines, id.
10. — Ovaire, id.
11. — Ovaire, section longitudinale, gr. 6 fois.

Piscidia Erythrina L. Syst. ed. X 1155 ex Benth. in Journ. Linn. Soc. IV, Suppl., 116. — «Nom. vern. Alajo; arbre de 8-10 m., à fleurs blanc rosé avec tache jaune verdâtre, fruit à 4 côtes», alluvions aux environs de Nusco, 50 m., mars 1899, n. 336.

Lonchocarpus eriocarinalis n. sp., foliolis 7-11 late ovatis subtus petiolisque pubescentibus, racemis simplicibus fusco-tomentosis, floribus geminis, vexillo carinaque sericeis, legumine uniarticulato tomentoso. — *Tab. nostra 17.*

Arbor 6-8-metralis, ramulis fusco-tomentosis. Folia alterna; petiolo communi 10-12 cm. longo, tomentoso; stipulis minimis. Foliola 9-11, petiolulata, ovata, basi rotundata, apice obtusa, emarginata, coriacea, supra nitida, ad nervos depressos puberula, subtus pubescentia, nervis elevatis crebre anastomosantibus, 3-5 cm. longa, 2-3 cm. lata. Inflorescentiæ axillares, racemos simplices formantes, foliis paullo breviores; rhachi fusco-tomentosa, secus $^2/_3$ longitudinis suæ florifera. Flores sæpius gemini; pedicellis calycem superantibus, articulatis. Bracteæ bracteolæque minimæ, caducæ. Calyx dense fulvo-sericeus, basi in stipitem pedicellos æquantem attenuatus; tubo 6-7 mm. longo; dentibus parvis. Vexillum late orbiculare, breviter stipitatum, basi biappendiculatum, extus dense sericeo-villosum, saturate purpureum, sub anthesi reflexum, 1 cm. longum; alæ ovatæ, glabræ, carinæ breviori leviter adhærentes; carina fere recta, obtusa, insigniter puberulo-sericea, petalis dorso breviter coalitis, 8-9 mm. longa. Stamina monadelpha, more generis vagina basi breviter hiante et stamine vexillari ibidem libero. Ovarium dense tomentosum, elongatum, pluriovulatum. Legumen uniarticulatum, latum, complanatum, ad semen rugosum, dense brunneo-tomentosum, 3-4 cm. longum, 2 cm. latum. — « Arbre de 6-8 m., à fleurs rouge vif, nom. vern. Palo de Oro », Valle grande, 400 m., septembre 1898, n. 320.

Obs. — Cet échantillon qui n'a que des fleurs et de très jeunes fruits se rapporte au n° 984 de Palmer (Plants of Mexico). Celui-ci n'a que des feuilles et des fruits et est indiqué par Rose comme une espèce nouvelle.

Tab. 17.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.

Fig. 2. — Bouton, gr. 4 fois.
3. — Fleur, gr. 3 fois.
4. — Calice ouvert, gr. 4 fois.
5, 6, 7. — Etendard, aile et carène, id.
8. — Etamines, gr. 6 fois.
9. — Ovaire, id.
10. — Jeune fruit, gr. 4 fois.
11. — Fruit mûr, de grandeur naturelle.

Lonchocarpus eriophyllus Benth. in Journ. Linn. Soc. IV, Suppl., 87 — « Arbre de 5-6 m., fleurs violet-rouge », environs de Los Hornos, terres chaudes, 500 m., sol granitique, juillet 1898, n. 236; environs de Huentla, 700 m., juin 1899, n. 1055.

Lonchocarpus guatemalensis Benth. l. c. 87. — « Arbre de 8-10 m., fleurs d'un rouge vineux », rives de l'Espiritu Santo, 600 m., avril 1898, n. 108.

Lonchocarpus violaceus H. B. K. Nov. Gen. et Sp. VI 383. — « Arbre touffu de 4-5 m. », rives d'un torrent à El Calabazal, 150 m., octobre 1898, n. 471.

Andira excelsa H. B. K. l. c. VI 385. — « Arbre de 6-8 m., fleurs d'un rouge violet à centre noir; nom. vern. Cuilimluca », environs de La Laguna, 30 m., novembre 1898, n. 166; alluvions du Rio San Luis, 100 m., mai 1899, n. 929, nom. vern. Juajunesco.

Dalbergiea incertæ sedis. — « Arbrisseau à tige retombante, fleurs verdâtres », environs d'El Calabazal, 150 m., sol sableux, octobre 1898, n. 472. — Echantillon incomplet, à fleurs peu développées, impropre à déterminer d'une manière précise.

Sweetia panamensis Benth. in Journ. Linn. Soc. VIII 263. — « Arbre de 6-8 m., à fleurs blanches », nom. vern. Huesillo, La Parota, 250 m., septembre 1898, n. 383 ; environs de Janalcote, 150 m., novembre 1898, n. 685.

Swartzia grandiflora Willd. Sp. II 1200. — « Arbre ayant l'apparence d'un oranger, haut de 4-5 m., à fleurs jaunes, sol argileux, nom. vern. Naranjillo », El Cedral, 250 m., août 1898, n. 296.

N. 395. — « Arbre de 8-10 m., à bois précieux noirâtre, à fleurs blanches ». La Correa, 150 m., décembre 1898. — Nom. vern. Palo de Oro. — Plante d'affinités douteuses, qui a quelques caractères des *Sophorées* (groupe du *Myroxylon*, *Sweetia*, etc.), mais s'en distingue par ses étamines soudées; parmi les *Dalbergiées*, elle se rapproche par sa carène à pétales libres de la sous-tribu des *Geoffroyées*, mais ne se rapporte à aucun des genres décrits. D'autre part, en l'absence de fruit, il est difficile de lui assigner une place précise. C'est probablement un genre nouveau mais que les matériaux dont nous disposons ne permettent pas de décrire d'une manière précise et complète.

B. — Cæsalpinieæ

SCLEROLOBIEÆ

Pœppigia procera Presl Symb. I 16 t. 8. — « Arbre de 4-5 m., à fleurs jaunes ». San Felipe, 700 m., décembre 1898, n. 227.

EUCÆSALPINIEÆ

Cæsalpinia eriostachys Benth. in Seem. Bot. Voy. Herald 88. — « Arbre rabougri, tronc ordinairement creux, fleurs jaunes, nom. vern. Iguanero », San Felipe, 100 m., décembre 1898, n. 709.

Cæsalpinia exostemma DC. Prodr. II 483. — « Arbuste de 4 à 5 m., fleurs jaunes à centre rouge », environs de Nusco, 50 m., sol sableux, février 1899, n. 823.

Cæsalpinia multiflora Robinson n. sp. in plantis mexicanis (Michoacan) a cl. Pringle 1891 lectis, n. 3730. « Arbre de 10 à 15 m., à fleurs jaunes; perd son écorce chaque année », environs de Zumpango, 1000 m., sol sableux, mai 1899, n. 1041.

Poinciana pulcherrima L. Sp. 554. — « Arbre touffu, fleurs rouge et jaunâtre, nom. vern. Flor de S. Francisco », La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 411.

Cercidium plurifoliolatum n. sp., foliis bipinnatis, pinnis bijugis, racemis ad nodos supra spinas fasciculatis, floribus luteis. — *Tab. nostra 18.*

Arbor 5-6-metralis; ramis tortuosis, spinis axillaribus validisque, 2 cm. longis armatis, glabris. Folia bipinnata; petiolo communi glabro, gracili, patente vel subreflexo, striato-angulato, 3 cm. longo; stipulis parvis, caducis. Pinnæ bijugæ, 2-3 cm. longæ; rhachi gracili, puberula. Foliola abrupte pinnata, 6-8-juga, ovato-oblonga, obtusa, vel leviter emarginata, 5-8 mm. longa, 3-4 mm. lata, utrinque adpresse sericeo-puberula. Racemi breves, laxi, ad nodos sæpius defoliatos supra spinas fasciculati. Bracteæ parvæ, caducæ; bracteolæ minimæ vel deficientes. Pedicelli graciles, puberuli. Calycis tubus discifer brevis, in stipitem supra pedicellum articulatum productus; lobi ovati, puberuli, ante anthesin valvati, sub anthesi reflexi, 5 mm. longi. Petala parum inæqualia, saturate lutea, ovata vel late ovata, unguiculata, obtuse fimbriata; summum majus, latius, fere discoidale, 1-1,5 cm. longum; cetera inter sese fere æqualia. Stamina 10, filamentis basi pilosis, antheris nutantibus. Ovarium breviter stipitatum, fundo calycis oblique affixum, pluriovulatum. Stylus stigmate parvo terminali. Legumen membranaceum, lineare, oblongum, plano-compressum, dehiscens, valvis crebre venulosis, 1-3-spermum, 6-7 cm. longum. Semina longitudinalia, compressa, nitida; hilo minimo, fere apicali. Embryo albumine tenui circumdatus. — « Arbre de 5-6 m., garni d'aiguillons, à fleurs jaunes; nom. vern. Cahuinga », alluvions du Rio San Luis, 100 m., mars 1899, n. 933.

Obs. — Le genre Cercidium était représenté jusqu'à présent par 3 espèces: *C. spinosum* Tul. Arch. Mus. IV 133 (Caracas, Bolivie, Pérou) qui a les pinnules uni- ou bijuguées, fasciculées et les folioles plus nombreuses; *C. floridum* Benth. (Mexique) à pinnules uni- ou bijuguées et à folioles trijuguées seulement; *C. texanum* A. Gray à pinnules unijuguées. Notre espèce est donc bien distincte de toutes les autres.

Tab. 18.

Fig. 1. — Rameau feuillé, de grandeur naturelle.
2. — Rameau fleuri, id.
3. — Bouton, gr. 3 fois.
4. — Fleur épanouie, gr. 2 fois.
5. — Calice et ovaire, gr. 3 fois.
6, 7, 8. — Pétales, id.
9. — Etamine, gr. 5 fois.
10. — Fruits, de grandeur naturelle.

Parkinsonia aculeata L. Hort. Cliff. 147, t. 13. — « Arbuste épineux, à fleurs jaunes; nom. vern. Cayuinga », lit du Rio Balsas (Michoacan), avril 1898, n. 111.

CASSIEÆ

Cassia atomaria L. Mant. 68. — « Arbre de 10 à 12 m., élancé, mince: nom. vern. Quediondillo », Monte d'Inguaran, 650 m., terrain sableux, mars 1898, n° 7.

Cassia biflora L. Sp. 540. — « Arbrisseau à fleurs jaunes », La Piedra, alluvions, décembre 1898, sans numéro.

Cassia Chamæcrista L. Sp. 542 — « Plante herbacée, haute de 60 cm., à fleurs jaunes », Cerro-Pedrogoso, Ocote, 550 m., octobre 1898, n. 544.

Cassia cinerea Cham. et Schltdl. in Linnæa V 599. — « Plante herbacée, à fleurs jaunes », environs de Sabanilla, 250 m., sol granitique, avril 1899, n. 990.

Cassia hispidula Vahl Eclog. III 10. — « Plante herbacée, à fleurs jaunes », Chavete, 300 m., octobre 1898, n. 515.

Cassia insignis N. E. Brown, Trans. Linn. Soc., sér. 2, VI 24. — « Arbre de 2 m., à fleurs jaunes », Jimalcote, 250 m., novembre 1898, n. 645.

Obs. — Le type de cette espèce a été décrit d'après une plante de la Guyane anglaise, de Quelch et Mac-Connell (Mt Roraima Exp. 1894). L'échantillon de Langlassé s'en distingue par ses feuilles plus aiguës, moins coriaces, par les grappes plus compactes et les fleurs moins grandes, mais les stipules qui sont très caractéristiques sont pareilles; s'il n'est pas identique, il est au moins extrêmement voisin.

Cassia occidentalis L. Sp. 539. — « Arbrisseau de 1 m. à 1 m. 50, à fleurs jaunes; nom. vern. Arilla preta », El Calabazal, 150 à 200 m., octobre 1898, n. 464 et 479.

Cassia oxyphylla Kunth Mim. 129, t. 39. — « Arbre de 2 à 3 m., au tronc élancé, aux fleurs jaunes en grappe retombante; nom. vern. Quitegato », El Calabazal, 150 m., octobre 1898, n. 448.

Cassia pauciflora H. B. K. Nov. Gen. et Sp. VI 360. — « Arbrisseau de

2 m. 50, à fleurs jaunes », environs d'Ocote, 500 m., décembre 1898, n. 691 (Var. à fleurs plus grandes que chez le type.)

Cassia Quiedondilla n. sp. (Chamæsenna), foliolis 10-12-jugis ovato-oblongis acutis glabris, glandula inter par infimum sita, pedunculis sæpius geminis bifloris, legumine latiusculo plano marginato. — *Tab. nostra 19.*

Frutex ramulis glabrescentibus, cortice griseo, pedunculis pilis patentibus parce hirtellis. Petiolus 20-25 cm. longus, gracilis, supra canaliculatus. Stipulæ setaceæ, caducæ. Foliola 10-12-juga, breviter petiolulata, oblongo-ovata, obtusa, mucronata, inter sese sensim æqualia, glabrescentia vel ad petiolulos puberula, nervis vix prominentibus, 3 cm. longa, 8-10 mm. lata, glandula inter par infimum 2-3 mm. longa. Pedunculi in axillis superioribus sæpius bini, biflori, graciles, patentim pilosi, 12-15 mm. longi; pedicelli articulati, pedunculos subæquantes. Bracteæ cito deciduæ, non visæ. Flores ampli. Sepala glabra, fere rotundata, majora 7 mm. longa et lata. Petala unguiculata, saturate lutea, majora 2 cm. longa, 1-1,5 cm. lata. Stamina inferiora 1 cm. longa; filamentis gracilibus, antheris vix brevioribus; antheris tenuiter rostratis, incurvis. Stamina intermedia breviora, antheris erostris, filamentis brevissimis. Staminodia glabra, in laminam late ovatam expansa. Ovarium stipitatum, incurvum, dense tomentosum, pluriovulatum. Legumen planum, marginatum, puberulum, 12-15-spermum, 8-10 cm. longum, 1 cm. latum. — « Arbuste à fleurs jaunes; nom. vern. Quiedondilla », Los Frenos, 1850 m., mars 1898, n° 52.

Obs. — Cette espèce se place dans la section *Chamæsenna*, dans le voisinage du *C. biflora* dont elle se distingue surtout par ses folioles plus grandes et plus nombreuses, par son fruit plus court et plus membraneux, etc.

TAB. 19.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Androcée et gynécée, gr. 3 fois.
3, 4, 5. — Etamines et staminodes, gr. 5 fois.
6. — Fruit, de grandeur naturelle.

Cassia reticulata Willd. Enum. Hort. Berol. 443. — « Arbrisseau de 4 m., à fleurs jaunes », Ocote, 100 m., sol granitique, novembre 1898, n. 624.

Cassia sericea Swartz Fl. Ind. occ. 724. — Tige ligneuse de 75 cm., fleurs jaunes; nom. vern. Arilla », environs de Baguita, 150 m., octobre 1898, n. 504.

Cassia Skinneri Benth. Rev. gen. Cassia 542. — « Arbuste tortueux, de 2 m., à fleurs jaunes; nom. vern. Parokata », Pantla, 50 m., août 1898, n. 285.

Obs. — Legumen cl. Benthamio vix notum : 11-12 cm. longum, 7-8 mm. latum, stipitatum, planum, coriaceum, glabrum, 12-15-spermum, inter semina lineis depressis notatum.

Cassia Tora L. Sp. 538. — « Plante herbacée de 75 cm. qui envahit les anciens champs cultivés », La Correa, 50 m., septembre 1898, n. 389.

Cassiarum (§ Semnæ, sect. Chamæsennæ) specimina incompleta, accurate non determinanda : n. 181, arbuste de 2 à 3 m. ; n. 113, arbuste à tige flexible de 75 cm.; nom. vern. Mulato.

Bauhinia inermis Pers. Ench. I 455. — « Petit arbuste; nom. vern. Pata de Venado », Monte del Pavillon, Inguaran, 950 m., mars 1898, n. 22.

Bauhinia subrotundifolia Cav. Ic. V 4, t. 406. — « Arbre de 5 à 6 m., à fleurs blanches », Petatlan, 50 m., novembre 1898, n. 633, 740.

Bauhinia sp. (les fleurs manquent). — « Arbrisseau de 3 à 4 m. », environs de Chicutitan, 6 m., mai 1898, n. 174.

Tamarindus indica L. Sp. 48. — DC. Mém. Lég. 11, t. 24, fig. 113. — « Arbre de 5 à 10 m., à fleurs jaunes rayées de rouge, fruit comestible; nom. vern. Tamarindo », Le Cobano, 50 m., juillet 1898, n. 256 ; La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 401.

Cynometra bauhinifolia Benth. in Hook. Journ. Bot. II 99. — « Arbre de 8 à 10 m., à fleurs blanches », environs de Zihuatanego, bord de la mer, sol argileux, octobre 1898, n. 441.

Cæsalpiniearum genus ignotum (folia tantum). — « Arbre de 4 à 5 m., ramifié », environs de San Geronimito, 50 m., sol pierreux, janvier 1899, n. 726.

C. — Mimoseæ

ADENANTHEREÆ

Piptadenia quadrifolia N. E. Brown in Trans. Bot. Soc. Edinb. XX 53 (nov. 1894). — « Arbre de 4 à 5 m. », environs de Panda, 90 m., mai 1898, n. 115.

GOLDMANIA Rose, gen. nov.

Flores perfecti regulares spicati ; spicæ e cicatricibus foliorum delapsorum axillares solitariæ vel binæ ; calyx minutus cupularis denticulatus æstivatione ovatus ; petala 5 valvata ; stamina 10 omnino libera, antheris apice glandulosis ; ovarium stipitatum ; legumen planum inter semina plus minus constrictum dehiscens ; semina albida ; embryo endospermo tenui circumcinctus. — Arbores aut frutices occidentali-mexicani, foliis bipinnatis.

Obs. — L'apparition générale de cette plante, la structure du fruit, etc., la rapprochent beaucoup du genre *Piptadenia* auquel nous l'avions d'abord rattachée ; mais l'observation de M. Rose d'après laquelle l'embryon est entouré d'une mince couche d'endosperme la rapprochent des *Adénanthérées* et spécialement du genre *Prosopis* dont l'éloigne d'ailleurs son fruit déhiscent. Le genre *Goldmania* a été ainsi nommé en l'honneur de M. E.-A. Goldman qui l'a le premier récolté, dans un voyage de recherches d'histoire naturelle qu'il a fait avec M. E.-W. Nelson dans le Mexique. Nous donnons ici d'après M. Rose la description de l'espèce-type du genre suivie de celle d'une espèce nouvelle qu'a rapportée Langlassé.

Goldmania platycarpa Rose ined. — Arbor 30-45-metralis, partibus novellis undique pubescentibus. Pinnæ 1-2-jugæ, foliolis 1-jugis suborbicularibus 8 mm. diametientibus utrinque parce pubescentibus. Spicæ breves 1-2 cm. longæ. Petala pubescentia. Ovarium pauciovulatum. Legumen percurvatum, 8-10 cm. longum, 8-10 mm. latum, inter semina leviter constrictum.

Culican, dans l'Etat de Sinala, mars 1899, E.-A. Goldman n. 371 (Washington National Herbarium).

Goldmania constricta Micheli et Rose, n. sp. — Arbor 10-12-metralis, inermis ; partibus novellis pubescentibus. Stipulæ parvæ, plus minus induratæ vel subspinescentes. Folia bipinnata ; pinnis 5-jugis, 3-4 cm. longis ; petiolo communi 6-7 cm. longo, rufo-pubescente, propre basin interque paria superiora pinnarum minute glandulifero ; foliolis 6-8-jugis, rhombeo-obovatis, sessilibus, basi obliquis, apice obtusis vel emarginatis, utrinque brevissime puberulis, subtus pallidis, 10 mm. longis, 1 mm. latis. Spicæ densæ, axillares, solitariæ binæve, fere a basi floriferæ, folia subæquantes, 5-8 cm. longæ ; rhachi pubescente. Calyx puberulus, quartam

fere partem corollæ æquans, 5-dentatus. Corolla 2 mm. longa ; petalis glabris, basi plus minus coalitis. Stamina 10 ; glandulis antherarum cito deciduis. Ovarium breviter stipitatum, pubescens, pluri-ovulatum. Legumen lineare, 10-15 cm. longum, compressum, rectum, inter semina valde constrictum. Semina oblonga, 5 mm. longa, albida ; funiculo elongato, gracili. — *Tab. nostra 20.*

Environs d'Acapulco, E. Palmer 1894-95, n. 241 ; Mazatlan, Observation hill J.-N. Rose, juin 1897, n. 3107 (Herb. Washington) ; La Venta (Guerrero), 250 m., Langlassé, avril 1899, n. 991.

TAB. 20.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Une pinne des feuilles, face inférieure, gr. 2 fois.
3. — Fleur, gr. 10 fois.
4. — Etamines, gr. 15 fois.
5. — Ovaire, id.
6. — Fruit, grandeur naturelle.
7. — Graine, gr. 3 fois.

1-5 proviennent de la plante de Langlassé, 6-7 de celle de Palmer, communiquée gracieusement par M. Rose.

Prosopis juliflora DC. Prodr. II 447. — « Nom. vern. Guisache », environs de Las Salinas, mai 1898, n. 154 (fleurs) ; n. 155 (fruits).

Prosopis limensis Benth. in Hook. Journ. Bot. IV 350. — « Arbuste épineux, de 5 à 6 m., à fruits comestibles ; nom. vern. Mosquitos », environs de S. Pedro, 500 m., mars 1898, n. 59 (fleurs) ; Gueramo (Michoacan), 150 m., avril 1898, n. 110 (fruits).

Obs. — Espèce très voisine de la précédente, dont elle n'est peut-être qu'une variété comme Bentham l'a indiqué (Mim. p. 378).

Neptunia plana Benth. ibid. 355. — « Plante herbacée, de 0 m. 75, à feuillesse refermant au toucher, fleurs jaunes et étamines rosâtres », marais de S. Juan, 25 m., mars 1899, n. 947.

Mimosa acantholoba Poir. Dict. Suppl. I 83. — « Liane à tige quadrangulaire, épineuse ; nom. vern. Rabo de Iguana », La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 412.

Obs. — Le nom de Rabo de Iguana est également donné à l'Acacia polyphylla DC. n. 677, et à l'A. Iguana Micheli n. 422.

Mimosa adenotricha Benth. in Hook. Lond. Journ. V 91. — « Arbuste épineux ; nom. vern. Uni Gato », Los Frenos, 1850 m., mars 1898, n. 54 (en fruits).

Mimosa albida Humb. et Bonpl. in Willd. Sp. IV 1030. — « Arbuste touffu de 1 m., à fleurs roses », Chavete, 300 m., octobre 1898, n. 520.

Mimosa asperata L. Sp. 1507. — « Arbuste épineux ; nom. vern. Saese », delta de Las Balsas, mai 1898, n. 143.

Mimosa camporum Benth. in Hook. Journ. Bot. II 130 ; IV 403. — « Arbuste de 40 cm., épineux, à fleurs roses », Bagueta, 150 m., prés humides, octobre 1898, n. 490.

Obs. — Cette espèce est généralement moins épineuse que les échantillons de Langlassé.

Mimosa distachya Cav. Ic. III 48, t. 295. — « Arbrisseau de 3 à 4 m., à fleurs blanches », environs de Saca Coyana, 900 m., sol granitique, mai 1899, n. 1030.

Mimosa dormiens Humb. et Bonpl. in Willd. Sp. IV 35. — « Plante ligneuse, épineuse, à fleurs rose foncé », El Ocote, 300 m., octobre 1898, n. 554.

Mimosa Herincquiana n. sp., arborea fulvo-pubescens inermis, pinnis 7-8-jugis, foliolis 7-8-jugis oblongo-ovatis, inflorescentiis racemosis axillaribus, capitulis globosis, floribus pentameris sessilibus. — *Tab. nostra 21.*

Arbor quadrimetralis; ramis sulcatis, novellis pubescentibus. Stipulæ lineares, acutæ, tomentosæ. Petiolus communis, uti pinnæ et foliola, dense fulvo-sericeus. Pinnæ petiolo multo breviores, 1-1,5 cm. longæ. Foliola parva, 2-3 mm. longa, 1-1,5 mm. lata, oblique oblongo-ovata, acuta, utrinque, præcipue subtus, fulvo-sericea, venis inconspicuis. Racemi axillares, plus minus foliati, folia valde superantes. Capitula globosa, absque staminibus 6-7 mm. diametientia. Flores pentameri, albido-rosei. Bracteæ corolla breviores, pilosæ. Calyx corolla multo brevior, pubescens et longe ciliatus. Corolla pubescens, 2 mm. longa. Stamina 10, longe exserta. Ovarium stipitatum, puberulum. Legumen ignotum. — « Arbrisseau de 4 m., à fleurs blanc rosé », Cariote del Zopilote, 1000 m., sol sableux, mai 1899, n. 1040.

Obs. — En l'absence de fruits, il est difficile d'être absolument fixé sur la position de cette plante. Elle semble bien être un *Mimosa* du sous-genre *Habbasia* et se

rapprocher surtout de la série des *Stipellares* ou de celle des *Leptopodæ* de Bentham (Rev. Mim.); mais elle se distingue de toutes les autres espèces par son inflorescence en grappes axillaires et non en capitules isolés.

TAB. 21.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Une pinnule, gr. 3 fois.
3. — Une foliole, gr. 8 fois.
4. — Fleur et bractée, gr. 10 fois.
5. — Bractée, gr. 20 fois.

Mimosa Langlassei n. sp., fruticosa vel arborea, ramis superne pubescentia brevi patente plus minus glandulosa hirtellis, aculeis horizontalibus raris sparsis (haud infrastipularibus), pinnis unijugis, foliolis 8-10-jugis lanceolatis basi obliquis utrinque pubescentibus setis rigidis marginato-cinctis et subtus hispidis, capitulis globosis, floribus tetrameris. — *Tab. nostra 22.*

Arbor parva, dense ramosa, 3-4-metralis; ramis adultis glabrescentibus; cortice griseo, sulcato. Aculei rari, sparsi, recti, 2-3 mm. longi. Stipulæ lineares, scariosæ, citò deciduæ. Petiolus communis squamoso-pubescens, 8-10 mm. longus. Pinnæ petiolo longiores (1,5-2 cm. longæ); rhachi setis rigidulis pilis mollibus intermixtis hispida. Foliola 5-7 mm. longa, 2-3 lata, lanceolata, basi obliqua, uninervia, venis parce anastomosantibus, supra molliter pubescentia, subtus setoso-hispida. Pedunculi axillares, solitarii vel bini, folia æquantes vel paullo superantes. Capitula globosa, absque staminibus 8-10 mm. diametientia. Bracteæ pubescentes, lineares, superne clavatæ, 3 mm. longæ. Calyx minutus, ciliatus. Corolla 4-5 mm. longa, petalis ad apicem puberulis. Stamina 4, longe exserta. Ovarium pilosum, breviter stipitatum. — Pied du Jorullo, 900 m., avril 1898, n. 99.

Obs. — Cette espèce est assez difficile à classer. Sa pubescence la rapproche des *Mimosa* des groupes *Obstrigosæ* ou *Lepidotæ*, mais ceux-ci sont inermes; c'est dans le voisinage des *Castæ* que la placeraient ses aiguillons et ses feuilles unijuguées.

Tab. 22.

Fig. 1. — Rameau, de grandeur naturelle.
2. — Inflorescence, gr. 2 fois.
3. — Paire de folioles, gr. 5 à 6 fois.
4. — Fleur isolée, gr. 8 fois.
5. — Bractée, gr. 16 fois.
6. — Ovaire, gr. 8 fois.

Mimosa leiocarpa DC. Prodr. II 429. — « Nom. vern. Timbin. Arbuste de 3 à 4 m., à fleurs blanches; écorce employée pour le tannage », Pantla, 50 m., août 1898, n. 284.

Mimosa lignosa n. sp., fruticosa, ramis superne asperis, aculeis sparsis horizontalibus, pinnis unijugis, foliolis 3-4-jugis oblique ovatis margine nerviformi cinctis, capitulis globosis, floribus tetrameris. — *Tab. nostra 23.*

Frutex bimetralis ; ramis adultis glabris, novellis piloso-asperis. Aculei sparsi, patentes, 2 mm. longi. Stipulæ lineari-setaceæ, 2-3 mm. longæ. Petiolus communis 1-2 cm. longus, gracilis, sub anthesi patens, setoso-pubescens. Pinnæ petiolum æquantes vel eo paullo longiores; rhachi setoso-pubescente. Foliola oblique ovata, obtusa, utrinque subglabra, marginata, nervis duobus anastomosantibus, 6-8 mm. longa, 3-4 lata. Pedunculi axillares, solitarii, 1,5-2 cm. longi. Capitula globosa, absque staminibus 6-8 mm. diametientia. Bracteæ 2 mm. longæ, spathulatæ, superne purpurascentes, pilosæ. Calyx minutus, membranaceus. Corolla 3 mm. longa ; petalis ad apicem pilosis et macula purpurea notatis. Stamina 4, longe exserta. Ovarium glabrum. Legumen ignotum. — « Arbuste touffu, épineux », environs de Las Higueritas, terres chaudes, 400 m., juillet 1898, n. 232.

Obs. — Cette espèce semble bien appartenir au groupe des *Castæ*, mais les trois espèces citées dans la monographie de Bentham *(M. casta, heterocarpa, lactiflua)* sont toutes brésiliennes et ont un port moins franchement frutescent.

Tab. 23.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Paire de folioles, face inférieure, gr. 3 fois.
3. — Fleur isolée, gr. 10 fois.
4. — Bractées, id.
5. — Ovaire, id.

Mimosa paucifoliolata n. sp., arborea glabrescens inermis, pinnis bijugis, foliolis unijugis late obovatis, inflorescentiis in ramis axillaribus paniculato-racemosis, spicis cylindricis laxifloris, floribus pentameris pedicellatis. — *Tab. nostra 24.*

Arbor inermis, 4-5-metralis; ramis glabris, angulato-striatis. Stipulæ lineares, acutæ, 2-3 mm. longæ. Petiolus communis 1,5-2 cm. longus, gracilis, angulatus, glaber. Pinnæ petiolum subæquantes vel paullo breviores ; rhachi gracili. Stipellæ minimæ. Foliola unijuga, oblique obovata, obtusissima, utrinque glabra, subtus trinervia, venis parce anastomosantibus, 7-9 mm. longa, 6-7 lata. Inflorescentiæ cylin-

dricæ, supra ramos axillares evolutæ, in racemos foliatos dispositæ: spicæ 3-3,5 cm. longæ, supra tertiam partem floriferæ. Bracteæ parvæ, emarginatæ, ante anthesin deciduæ. Flores albidi, pentameri, breviter pedicellati. Calyx corollæ tertiam partem æquans, glaber. Corolla tenuis, fere hyalina, glabra. Stamina decem, longe exserta. Ovarium breviter stipitatum, oblongum, glaberrimum. Legumen ignotum. — Environs de Las Minitas, terres chaudes, 400 m., juillet 1898, n. 233.

Obs. — Cette espèce appartient au sous-genre *Habbasia* et paraît se rapporter à la série des *Leptostachyæ*: elle se rapproche notamment du *M. distachya* Cav. dont elle se distingue absolument par les feuilles.

Tab. 24.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Feuille, gr. 2 fois.
3. — Fleur, gr. 10 fois.
4. — Bractée, gr. 20 fois.
5. — Ovaire à la floraison, gr. 10 fois.
6. — Ovaire après la floraison, gr. 20 fois.

Mimosa pubérula Benth. in Hook. Lond. Journ. V 88. — « Arbre de 3 m. », environs de Las Higueritas, terres chaudes, 500 m., juillet 1898, n. 230.

Mimosa pudica L. Sp. 1501. — « Fleurs roses, feuilles sensitives, forme à feuilles unijuguées », Fallecitos, 700 m., septembre 1898, n. 362.

Mimosa schrankioides Benth. in Hook. Lond. Journ. V 86. — « Arbre touffu, épineux, à fleurs roses », La Correa, 250 m., septembre 1898, n. 386 (forme grêle et glabre de cette espèce).

Mimosa sepiaria Benth. in Hook. Journ. Bot. IV 395. — « Arbrisseau épineux », environs de S. Salvador, 650 m., juillet 1898, n. 242; « arbrisseau touffu, épineux, à fleurs blanches », La Correa, 50 m., octobre 1898, n. 415; Puerta, 50 m., n. 423: variétés du *M. sepiaria* à folioles plus larges et à aiguillons plus nombreux.

Mimosa somnians Humb. et Bonpl. in Willd. Spec. IV 1036. — « Arbrisseau épineux, de 1 m. 50, à tige droite et flexible et à fleurs blanches », La Tuveria, 900 m., septembre 1898, n. 332.

Mimosa, échantillon incomplet, « arbrisseau épineux, à écorce blanche; nom. vern. Uni Gato », Montagne de San Luis, 950 m., mars 1898, n. 19.

Cette plante paraît appartenir au sous-genre *Habbasia*, mais elle n'a pas de fleurs et ne peut être étudiée suffisamment. Elle est très différente du *M. adenotricha* qui porte le même nom indigène d'Uni Gato.

Schrankia distachya DC. apud Ser. Wats. in Proc. Am. Acad. XXII 409. — « Plante en touffes épineuses, à fleurs roses », El Calabazal, 200 m., octobre 1898 n. 449.

Leucæna canescens Benth. Pl. Hartw. 117. — « Arbrisseau de 2 à 3 m., à fleurs blanches; nom. vern. Guazillo », Sierra Madre, 510 m., sol granitique, janvier 1899, n. 754.

Leucæna esculenta Benth. Mimos. 442. — « Arbre de 10 à 12 m., à fleurs blanc rosé; nom. vern. Guazi », Las Guajas, Sierra Madre, versant oriental, 1000 m., sol volcanique, février 1899, n. 863.

Leucæna lanceolata Ser. Wats. n. sp. ex Palmer Mex. Flora n. 6. — « Nom. vern. Guazillo ». Torrent de la Chuta, 25 m., mai 1898, n. 185; environs de Chavita, 200 m., octobre 1898, n. 513.

Leucæna sp. — « Nom. vern. Frijolito », Monte Inguaran, 650 m., mars 1898, n. 12. Echantillon en fruits, à pinnes unijuguées comme le *L. canescens* dont il se distingue par les folioles et le fruit plus allongés.

Acacia acatlensis Benth. in Hook. Lond. Journ. I 513. — « Arbre de 6-8 m., à fleurs blanches; nom. vern. Guayalote », Los Camarones, rives du Rio Balsas (Michoacan), avril 1898, n. 112.

Acacia cochliacantha Humb. et Bonpl. in Willd. Spec. IV 1081. — « Arbre épineux, touffu, de 3 m.; nom. vern. Quisache Tejano », Las Juntas, 630 m., juillet 1898, n. 224.

Acacia Farnesiana Willd. Spec. IV 1083. — « Nom. vern. Quisache Yondio », Mont Inguaran, mars 1898, n. 4.

Acacia filicina Willd. Spec. IV 1072. — Espèce très répandue dans toute l'Amérique centrale et extrêmement variable. Ce n'est qu'après une comparaison soigneuse avec les nombreux types de l'herbier de Kew que je me suis décidé à réunir tous les échantillons suivants : La Correa, 50 m., septembre 1898, n. 387 ; environs de Faisan, 1200 m., septembre 1898, n. 340 (forme à inflorescence très paniculée) ; environs de San Luis, 50 m., février 1899, n. 925 ; Cerro-Pedregoso, Ocote, 500 m., octobre 1898, n. 548 (forme à inflorescence très ample, tout à fait glabre qui se rencontre fréquemment dans les collections du Mexique). Nom. vern. Pulque.

Acacia Iguana n. sp., alte scandens, aculeis parvis, pinnis 7-8-jugis, foliolis 24-25-jugis, spicis racemosis laxiusculis, floribus pubescentibus. — *Tab. nostra 25.*

Alte scandens, quindecimmetralis. Caulis quadrangulatus, aculeatus, glaber ; cortice minute tuberculato ; aculeis brevibus sparsis. Folia bipinnata ; pinnis 7-8-jugis ; stipulis nullis. Petiolus communis minute puberulus, supra canaliculatus, 18-22 cm. longus, aculeatus ; aculeis brevibus, recurvis. Glandula major prope petioli basin ovata, 2-3 minores inter pinnas superiores. Pinnæ 6-12 cm. longæ, inferiores breviores. Foliola 24-25-juga, 6-10 mm. longa, 3-5 mm. lata, oblonga, obscure mucronata, membranacea, costa valde excentrica, venis anastomosantibus, supra glabra, infra adpresse puberula. Inflorescentia in racemum simplicem, terminalem, 25-30 cm. longum disposita ; rhachi aculeata, tomentosa. Spicæ solitariæ vel binæ, cylindricæ, 4-5 cm. longæ, supra tertiam partem floriferæ, basi nonnunquam stipula lineari, acuta suffultæ. Bracteæ parvæ, cucullatæ, floris vix dimidiam partem æquantes. Flores sessiles, cano-tomentosi, 5 mm. longi. Calyx corollæ tomentosæ dimidiam fere partem æquans. Ovarium longe stipitatum, pubescens. Legumen ignotum. — « Liane à tige quadrangulaire, de 15 mètres, épineuse, à fleurs d'un blanc jaunâtre ; nom. vern. Rabo de Iguana » (comme pour l'*A. polyphylla* et le *Mimosa acantholoba*), La Puerta, 50 m., octobre 1898, n. 422.

Obs. — Cette espèce rentre dans le groupe des *Vulgares*, mais se distingue de toutes les espèces américaines spiciflores, la plupart originaires du Brésil. La seule espèce de l'Amérique centrale (*A. Hayesii* Benth. de Panama) est très différente de la nôtre.

TAB. 25.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Paire de folioles, gr. 3 fois.
3. — Fleur, gr. 8 fois.
4. — Bouton, id.

Fig. 5. — Bractée, gr. 16 fois.
6. — Ovaire, gr. 8 fois.

Acacia paniculata Willd. Spec. IV 1074. — « Arbre de 4 à 5 m., à fleurs blanches », environs de Mexcala, terres chaudes, 500 m., mai 1899, n. 1034.

Acacia pennatula Benth. in Hook. Lond. Journ. I 300. — « Arbre de 5 à 6 m.; nom. vern. Quisache Tepano », Mont Inguaran, 700 m., mars 1898, n. 1.

Acacia polyphylla DC. Cat. Hort. Monsp. 74. — « Arbre de 12 à 15 m., à fleurs d'un blanc jaunâtre; nom. vern. Rabo de Iguana », La Botella, 350 m., novembre 1898, n. 677.

Acacia riparia H. B. K. Nov. Gen. et Spec. VI 276. — Jimalcote, 150 m., novembre 1899, n. 643, échantillon remarquable par le petit nombre des aiguillons et par la présence sur le pétiole de trois glandes au lieu de 1 à 2 qui se rencontrent généralement dans cette espèce.

Acacia spadicigera Cham. et Schlchtdl. in Linnæa V 594. — Environs de La Orilla, 25 m., mai 1898, n. 156; environs de San Luis, 50 m., février 1899, n. 923; nom. vern. Quisache Costeno ou Carnisuelo.

Lysiloma acapulcensis Benth. in Hook. Lond. Journ. III 83. — « Arbre de 10 à 12 m., à bois très dur; nom. vern. Tepehuaje », Monte la Gloria, 1060 m., mars 1898, n. 69 (fruits); El Barillo, 800 m., mars 1898, n. 80 (fleurs).

Lysiloma microphylla Benth. l. c. 83. — Banco Nuevo, août 1898, n. 267.

Lysiloma Schiedeana Benth. l. c. 83; Bot. Sulph. 91, t. 31. — « Arbre de 8 à 10 m., à bois très dur; nom. vern. Quiebrache», San Geronimito, décembre 1898, n. 715; Mont de la Pasacuareta, mars 1898, n. 71.

Lysiloma tergemina Benth. Mimos. 534. — « Arbre de 3 à 4 m. », Las Higueritas, terres chaudes, 400 m., juillet 1898, n. 231.

Obs. — La détermination des *Lysiloma* est toujours incertaine en l'absence de fruits. Le n. 267 semble bien se rapporter au *L. microphylla;* il s'en distingue cependant par ses capitules plus petits et plus longuement pédicellés, mais ce caractère paraît variable parmi les représentants authentiques de cette espèce.

Calliandra bijuga Rose in Contr. U. S. National Herb. V 135. — « Arbre touffu, à fleurs rouges », Monte de las Cortaduras près Inguaran (Michoacan), 2000 m., mars 1898, n. 41.

TAB. 26.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Feuille, gr. 2 fois.
3. — Foliole, face inférieure, gr. 5 fois.
4. — Fleur, avec bractée, gr. 3 fois.
5. — Bractée, gr. 10 fois.
6. — Ovaire, gr. 3 fois.
7. — Fruit, de grandeur naturelle.
8. — Graine, gr. 3 fois.

Calliandra capillata Benth. in Hook. Lond. Journ. III 98. — La Correa, 80 m., août 1898, n. 271.

Legumen (adhuc ignotum) 10-12 cm. longum, 8-10 mm. latum, glabrum, ad marginem incrassatum, basin versus longe angustatum, stipitatum, 8-10-spermum.

Calliandra carbonaria Benth. l. c. 95(?) — « Arbrisseau de 60 cm. ». La Conception, 700 m., juin 1898, n. 212.

L'état imparfait des échantillons dont nous disposons ne permet pas de décrire complètement cette plante qui, en quelques points, diffère du *C. carbonaria* et ne peut lui être rapportée qu'avec doute. Elle s'en distingue par le pédoncule presque nul, par la corolle plus longue et le tube staminal à peine exsert, par le calice plus court et par la pubescence plus accentuée.

Calliandra emarginata Benth. l. c. 95. — « Arbuste de 5 à 6 m., très ramifié, à fleurs rose foncé », environs de Chichihualco, 1200 m., sol argileux, mai 1899, n. 1042.

Calliandra formosa Benth. l. c. 98. — « Arbrisseau de 2 m., à branches retombantes et à fleurs roses », La Correa, 50 m., septembre 1898, n. 388.

Calliandra grandiflora Benth. l. c. 111. — « Arbuste touffu de 2 à 4 m., à fleurs d'un rouge vif », Vallecita, 650 m., septembre 1898, n. 311; La Puerta, 50 m., octobre 1898, n. 420; crêtes de la Sierra Madre, 2200 m., février 1899, n. 892.

Obs. — Les deux espèces décrites par Bentham sous les noms de *C. grandiflora* et *Houstoni* sont extrêmement voisines et ne se distinguent guère que par le nombre des pinnes des feuilles, caractère en lui-même assez variable. Tous nos échantillons se rapportent plutôt au *C. grandiflora*, sauf le n. 892 qui se rapproche du *C. Houstoni*. Ces deux espèces devront probablement être réunies.

Calliandra portoricensis Benth. l. c. 99. — « Arbre de 3 m., à tige quadrangulaire et à fleurs blanches », Sierra Madre, 1100 m., sol granitique, novembre 1898, n. 578.

Pithecolobium acatlense Benth. Mim. 593. — « Arbrisseau épineux, à fleurs blanches », environs de Chelitla, versant oriental de la Sierra Madre, 800 m., mars 1899, n. 1031.

Obs. — Cette plante dont le fruit n'est pas connu a été rattachée par Bentham, probablement avec raison, au genre *Pithecolobium*, bien qu'elle offre quelques caractères des *Calliandra*. Son calice très développé et à 5 dents est en général ouvert d'un côté et offre ainsi une apparence de spathe assez particulière.

TAB. 27.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Feuille, gr. 2 fois.
3. — Foliole, face inférieure, gr. 6 fois.
4. — Fleur et bractée, gr. 2 fois.
5. — Bractée, gr. 8 fois.
6. — Calice, gr. 4 fois.
7. — Ovaire, id.

Pithecolobium dulce Benth. in Hook. Lond. Journ. III 199. — « Grand arbre, fruit à pulpe comestible ; nom. vern. Dinsan », Inguaran, 600 m., mars 1898, n. 2.

Pithecolobium filicifolium Benth. l. c. 205. — « Arbre de 10 à 15 m., à gros tronc et bois tendre ; nom. vern. Parota », rives de l'Espiritu Santo, 600 m., avril 1898, n. 103.

Obs. — Plante plus glabre que ne l'est en général le *P. filicifolium*, mais ce caractère est variable et d'autres spécimens du Mexique le présentent presqu'au même degré. Cette espèce qui a un habitat étendu se rencontre dans toute l'Amérique tropicale.

Pithecolobium ligustrinum Klotzsch in Benth. Mim. 571. — « Arbre de 5 m.; nom. vern. Timuche », Las Salinas, 20 m., mai 1898, n. 151.

Pithecolobium tomentosum n. sp., arbor undique tomentosa, pinnis trijugis, foliolis oblongo-ovatis obtusis 6-7-jugis, capitulis paniculatis, tubo stamineo vix exserto. — *Tab. nostra 28.*

Arbor elata, 5-6-metralis, inermis, superne undique cano-tomentosa. Stipulæ minimæ. Folia bipinnata. Petiolus communis tomentosus, 5-7 cm. longus, prope basin glandula elongata parumque conspicua instructus. Pinnæ 3-4-jugæ petiolum æquantes vel superantes. Foliola 6-7-juga, ovata, 12-13 mm. longa, 5-6 mm. lata, ovata, obtusa vel emarginata, fere symmetrica, marginato-ciliata, subtus pallida, ad costam venasque pubescentia. Capitula ad apicem ramorum paniculata, undique cano-tomentosa. Bracteæ parvæ, cucullatæ, pilosæ. Flores tomentosi, 5-6 mm. longi. Calyx infundibuliformis, corollæ dimidiam partem superans. Tubus stamineus corolla paullo brevior. Ovarium sessile, puberulum. Legumen ignotum. — « Arbre de 5 à 8 m., à fleurs blanches; nom. vern. Parotillo », rives de l'Espiritu Santo, 600 m., avril 1898, n. 107; Zilmatango, 30 m., août 1898, n. 280.

Obs. — Cette espèce rentre dans la série des *Parvifloræ* de Bentham et se place dans le voisinage du *P. multiflorum* dont elle se distingue par ses folioles, par la dimension du calice, etc. Les autres espèces de la même section ont la fleur beaucoup plus petite.

TAB. 28.

Fig. 1. — Rameau fleuri, de grandeur naturelle.
2. — Paire de folioles, face inférieure, gr. 2 fois.
3. — Fleur et bractée, gr. 6 fois.
4. — Bractées de face et de dos, gr. 12 fois.
5 et 6. — Ovaire, gr. 6 et 12 fois.

Pithecolobium sp. — « Arbre de 4 à 6 m.; nom. vern. Porcelane », environs de Petatlan, 50 m., novembre 1898, n. 687 (échantillon incomplet).

Inga xalapensis Benth. in Hook. Lond. Journ. IV 616. — « Nom. vern. Bainillo », Monte de Santa Ignesa à Inguaran, mars 1898, n. 34.

Inga sp. — « Arbre de 10 à 12 m., à fleurs blanches; nom. vern. Cazinicuil », alluvions du Rio San Luis, 100 à 150 m., mars 1899, n. 922.

Obs. — Cette plante appartient au groupe polymorphe de l'*I. vera* et espèces voisines. Elle se distingue par l'extraordinaire développement de son calice à peine dépassé par la corolle, mais ne peut être déterminée d'une façon suffisamment précise.

I. INDEX TABULARUM

	Tab.
Acacia Iguana Micheli	25
Aeschynomene madrensis Micheli	8
» paucifoliolata Micheli	9
» simulans Rose	7
Brongniartia bilabiata Micheli	1
» bracteolata Micheli	2
Calliandra bijuga Rose	26
Cassia Quiedondilla Micheli	19
Cercidium plurifoliolatum Micheli	18
Coursetia madrensis Micheli	6
» planipetiolata Micheli	5
Desmodium madrense Micheli	10
» pseudo-amplifolium Micheli	11
Goldmania constricta Micheli & Rose	20
Lonchocarpus eriocarinalis Micheli	17
Machærium biovulatum Micheli	15
Mimosa Herincquiana Micheli	21
» Langlassei Micheli	22
» lignosa Micheli	23
» paucifoliolata Micheli	24
Phaseolus brevicalyx Micheli	12
» Buseri Micheli	13
Pithecolobium acatlense Bentham	27
» tomentosum Micheli	28
Pterocarpus aphyllus Micheli	16
Rhynchosia bicolor Micheli	14
Tephrosia major Micheli	4
» Langlassei Micheli	3

II. INDEX NUMERORUM

N°	
1	Acacia pennatula Benth.
2	Pithecolobium dulce Benth.
4	Acacia Farnesiana Willd.
7	Cassia atomaria L.
12	Leucaena sp.
19	Mimosa sp.
22	Bauhinia inermis Pers.
34	Inga xalapensis Benth.
41	Calliandra bijuga Rose.
42	Lupinus elegans H. B. K.
43	Diphysa sennoides Benth.
52	Cassia Quiedondilla Micheli.
54	Mimosa adenotricha Benth.
59	Prosopis limensis Benth.
65	Canavalia villosa Benth.
69	Lysiloma acapulcensis Benth.
71	» Schiedeana Benth.
73 *a*	Desmodium Skinneri Benth.
73 *b*	» plicatum Schlchtdl.
80	Lysiloma acapulcensis Benth.
99	Mimosa Langlassei Micheli.
103	Pithecolobium filicifolium Benth.
107	» tomentosum Micheli.
108	Lonchocarpus guatemalensis Benth.
110	Prosopis limensis Benth.
111	Parkinsonia aculeata L.
112	Acacia acatlensis Benth.
113	Cassia sp.
115	Piptadenia quadrifolia N. E. Brown.
118	Olneya Tesota Gray

No.	
123	Pterocarpus aphyllus Micheli.
143	Mimosa asperata L.
151	Pithecolobium ligustrinum Klotzsch.
154	Prosopis julifera DC.
155	» » . »
156	Acacia spadicigera Cham. & Schlchtdl.
157	Pterocarpus aphyllus Micheli.
159	Crotalaria eriocarpa Benth.
166	Andira excelsa H. B. K.
172	Mucuna urens DC.
174	Bauhinia sp.
181	Cassia sp.
185	Leucaena lanceolata Ser. Watson.
189	Brongniartia inconstans Ser. Watson.
190	» » » »
203	Vigna luteola Benth.
204	Phaseolus lunatus L.
204*bis*	» truxillensis H. B. K.
205*bis*	» » »
208	Calopogonium cæruleum Desv.
212	Calliandra carbonaria Benth.
224	Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl.
226	Eysenhardtia amorphoides H. B. K.
227	Poeppigia procera Presl.
230	Mimosa puberula Benth.
231	Lysiloma tergemina Benth.
232	Mimosa lignosa Micheli.
233	» paucifoliolata Micheli.
236	Lonchocarpus eriophyllus Benth.
242	Mimosa sepiaria Benth.

No.

256 Tamarindus indica L.
267 Lysiloma microphylla Benth.
271 Calliandra capillata Benth.
280 Pithecolobium tomentosum Micheli.
284 Mimosa leiocarpa DC.
285 Cassia Skinneri Benth.
296 Swartzia grandiflora Willd.
305 Crotalaria striata DC.
311 Calliandra grandiflora Benth.
320 Lonchocarpus eriocarinalis Micheli.
323 Pachyrhizus palmatilobus Benth.& Hook.
324 Tephrosia toxicaria Pers.
331 Clitoria polystachya Benth.
332 Mimosa somnians Humb. & Bonpl.
333 Desmodium orbiculare Schlchtdl.
336 Piscidia Erythrina L.
340 Acacia filicina Willd.
341 Crotalaria incana L.
362 Mimosa pudica L.
383 Sweetia panamensis Benth.
386 Mimosa schrankioides Benth.
387 Acacia filicina Willd.
388 Calliandra formosa Benth.
389 Cassia Tora L.
390 Crotalaria lupulina H. B. K.
395 Genus novum ? (voir p. 27).
401 Tamarindus indica L.
411 Poinciana pulcherrima L.
412 Mimosa acantholoba Poir.
415 Mimosa sepiaria Benth.
418 Desmodium uncinatum DC.
420 Calliandra grandiflora Benth.
422 Acacia Iguana Micheli.
423 Mimosa sepiaria Benth.
431 Aeschynomene oligantha Micheli.
436 Pachyrhizus palmatilobus Benth.& Hook.
437 Pachyrhizus angulatus Rich.
441 Cynometra bauhinifolia Benth.
448 Cassia oxyphylla Kunth.
449 Schrankia distachya DC.
455 Aeschynomene americana L.
462 Sesbania macrocarpa Mühl.
464 Cassia occidentalis L.
466 Crotalaria lupulina H. B. K.
471 Lonchocarpus violaceus H. B. K.
472 Dalbergiea incertæ sedis.

No.

473 Nissolia fruticosa Jacq.
474 Aeschynomene paucifoliolata Micheli.
475 Crotalaria maypurensis H. B. K.
476 Aeschynomene americana L.
479 Cassia occidentalis L.
481 Dalea nigra Mart. & Gal.
490 Mimosa camporum Benth.
492 Aeschynomene hispida Willd.
504 Cassia sericea Swartz.
513 Leucæna lanceolata Ser. Watson.
515 Cassia hispidula Vahl.
518 Stylosanthes humilis H. B. K.
520 Mimosa albida Humb. & Bonpl.
526 Machærium biovulatum Micheli.
529 Desmodium barbatum Benth. & Oerst.
532 Zornia diphylla Pers.
538 Phaseolus atropurpureus DC.
539 Dalea diffusa Moric.
544 Cassia Chamaecrista L.
548 Acacia filicina Willd.
549 Tephrosia tenella Gray.
549bis Rhynchosia bicolor Micheli.
552 Desmodium viridiflorum Beck.
554 Mimosa dormiens Humb. & Bonpl.
560 Desmodium strobilaceum Schlchtdl.
578 Calliandra portoricensis Benth.
582 Phaseolus truxillensis H. B. K.
583 Phaseolea (Dioclea ?)
587 Dalea psoralioides Moric.
596 Tephrosia toxicaria Pers.
609 Indigofera costaricensis Benth.
624 Cassia reticulata Willd.
625 Centrosema virginianum Benth.
626 Phaseolus truxillensis H. B. K.
633 Bauhinia subrotundifolia Cav.
643 Acacia riparia H. B. K.
645 Cassia insignis N. E. Brown.
648 Indigofera Anil L.
658 Desmodium scutatum Hemsl.
660 Calopogonium cæruleum Desv.
661 Phaseolus Buseri Micheli.
670 Tephrosia nitens Benth.
676 Erythrina Corallodendron L.
677 Acacia polyphylla DC.
679 Centrosema pubescens Benth.
685 Sweetia panamensis Benth.

No.

687 Pithecolobium sp.
691 Cassia pauciflora H. B. K.
695 Galactia tenuiflora Wight & Arn.
696 Indigofera excelsa Mart. & Gal.
697 Desmodium nitidum Mart. & Gal.
706*bis* Mucuna urens DC.
709 Cæsalpinia eriostachys Benth.
710 Gliricidia maculata H. B. K.
714 *b* Canavalia acuminata Rose.
715 Lysiloma Schiedeana Benth.
716 Tephrosia major Micheli.
723*bis* Desmodium sp.
726 Cæsalpinica, genus?
729 Coursetia microphylla Gray.
734 Canavalia obtusifolia DC.
740 Bauhinia subrotundifolia Cav.
753 Dalea diffusa Moric.
754 Leucæna canescens Benth.
764 Desmodium madrense Micheli.
778 Dalea gracilis Hook. & Arn.
791 Phaseolus brevicalyx Micheli.
792 Crotalaria stipularia Desv.
798 Tephrosia Langlassei Micheli.
799 Vigna lutea Gray.
809 Desmodium pseudo-amplifolium Micheli.
819 Dalea nutans Willd.
823 Cæsalpinia exostemma DC.
830 Cracca mollis Benth.
847 Aeschynomene simulans Rose.
851*bis* Tephrosia crassifolia Benth.
858 Rhynchosia caribæa DC.
863 Leucæna esculenta Benth.

No.

865 Aeschynomene madrensis Micheli.
869 Desmodium strobilaceum Schlchtdl.
892 Calliandra grandiflora Benth.
922 Inga sp.
923 Acacia spadicigera Cham. & Schlchtdl.
925 Acacia filicina Willd.
925 Phaseolea (Dioclea?).
927*bis* Phaseolea (Dioclea?).
929 Andira excelsa H. B. K.
931 Coursetia planipetiolata Micheli.
933 Cercidium plurifoliolatum Micheli.
935 Brongniartia bilabiata Micheli.
947 Neptunia plana Benth.
957 Desmodium brachystachyum Schlchtdl.
958 Phaseolus lunatus L.
962 Eriosema grandiflorum Cham. & Schldl.
981 Cajanus indicus L.
990 Cassia cinerea Cham. & Schlchtdl.
991 Goldmania constricta Micheli & Rose.
999 Dalbergia campeachiana Benth.
1002 Diphysa sennoides Benth.
1024 Brongniartia bracteolata Micheli.
1030 Mimosa distachya Cav.
1031 Pithecolobium acatlense Benth.
1034 Acacia paniculata Willd.
1040 Mimosa Herincquiana Micheli.
1041 Cæsalpinia multiflora Robinson.
1042 Calliandra emarginata Benth.
1051 Coursetia madrensis Micheli.
1052 Eysenhardtia amorphoides H. B. K.
1055 Lonchocarpus eriophyllus Benth.
1064 Cologania pulchella H. B. K.

III. INDEX NOMINUM VERNACULORUM

	Page
Alajo	267
Arilla	272
Arilla preta	271
Bainillo	285
Cacahuanach	252
Cahuinga	270
Carnisuelo	282
Cas-cabelillo	252
Cayuinga	270
Cazinicuil	285
Chicharilla	247
Cuilimluca	268
Dinsan	284
Escobilla	259, 260
Flor de San Francisco	269
Frijolito	280
Guayalote	280
Guazi	280
Guazillo	280
Guisache	275
Huesillo	268
Iguanero	269
Jicamo manzo	263
Jicamo silvestre	264
Juajunesco	268
Llora sangre	266
Mosquitos	275
Mulato	273
Naranjillo	268
Palo de Oro	267, 268
Palo dulce	247
Parokata	272
Parota	284
Parotillo	285
Pata de Venado	273
Patito	261
Porcelane	285
Pulque	281
Quediondillo	271
Quiebrache	282
Quiedondilla	272
Quisache Costeno	282
Quisache Tejano	280
Quisache Tepano	282
Quisache Yondio	280
Quitegato	271
Rabo de Iguana	275, 281, 282
Saese	276
Tamarindo	273
Tepehuaje	282
Timbin	278
Timuche	285
Uni Gato	276, 280

IV. INDEX SPECIERUM

	Page
Acacia acatlensis Benth.	280
» cochliacantha Humb. & Bonpl.	280
» Farnesiana Willd.	280
» filicina Willd.	281
» Iguana Micheli	281
» paniculata Willd.	282
» pennatula Benth.	282
» polyphylla DC.	282
» riparia H. B. K.	282
» spadicigera Cham. & Schlchtdl.	282
Aeschynomene americana L.	255
» hispida Willd.	255
» madrensis Micheli	255
» oligantha Micheli	256
» paucifoliolata Micheli	256
» petræa Robinson	255
» simulans Rose	255
Andira excelsa H. B. K.	268
Bauhinia inermis Pers.	273
» subrotundifolia Cav.	273
» sp.	273
Brongniartia bilabiata Micheli	248
» bracteolata Micheli	249
» inconstans Ser. Watson	250
Cæsalpinia eriostachys Benth.	269
» exostemma DC.	269
» multiflora Robinson	269
Cajanus indicus L.	265
Calliandra bijuga Rose	283
» capillata Benth	283

	Page
Calliandra carbonaria Benth.	283
» emarginata Benth.	283
» formosa Benth.	283
» grandiflora Benth.	283
» Houstoni Benth.	284
» portoricensis Benth	284
Calopogonium cæruleum Desv.	261
Canavalia acuminata Rose	261
» obtusifolia DC.	261
» villosa Benth	261
Cassia atomaria L.	271
» biflora L.	271
» Chamæcrista L.	271
» cinerea Cham. & Schlchtdl.	271
» hispidula Vahl	271
» insignis N. E. Brown	271
» occidentalis L.	271
» oxyphylla Kunth	271
» pauciflora H. B. K.	271
» Quiedondilla Micheli	272
» reticulata Willd.	272
» sericea Swartz	272
» Skinneri Benth.	272
» Tora L.	273
» sp.	273
Centrosema pubescens Benth.	260
» virginianum Benth.	260
Cercidium floridum Benth.	270
» plurifoliolatum Micheli	269
» spinosum Tul.	270

	Page
Cercidium texanum A. Gray	270
Clitoria polystachya Benth.	260
Cologania pulchella H. B. K.	261
Coursetia madrensis Micheli	253
» microphylla Gray	253
» planipetiolata Micheli	253
Cracca mollis Benth.	254
Crotalaria eriocarpa Benth.	247
» incana L.	247
» lupulina H. B. K.	247
» maypurensis H. B. K.	247
» Saltiana Andr.	247
» stipularia Desv.	247
» striata DC.	247
Cynometra bauhinifolia Benth	273
Dalbergia campeachiana Benth.	265
Dalbergiea sp.	268
Dalea diffusa Moric.	247
» gracilis Hook. & Arn.	248
» nigra Mart. & Gal.	248
» nutans Willd.	248
» psoralioides Moric.	248
Desmodium barbatum Benth. & Oerst.	257
» brachystachyum Schlchtdl.	258
» madrense Micheli	258
» nitidum Mart. & Gal.	258
» orbiculare Schlchtdl.	259
» plicatum Schlchtdl.	259
» pseudo-amplifolium Micheli	259
» scutatum Hemsl.	260
» Skinneri Benth.	260
» strobilaceum Schlchtdl.	260
» uncinatum DC.	260
» viridiflorum Beck	260
» sp.	260
Diphysa sennoides Benth.	252
Eriosema grandiflorum Cham. & Schlchtdl.	265
Erythrina Corallodendron L.	261
Eysenhardtia amorphoides H. B. K.	247
Galactia tenuiflora Wight & Arn.	261
Gliricidia maculata H. B. K.	252
Goldmania constricta Micheli & Rose	274
» platycarpa Rose	274
Indigofera Anil L.	248
» costaricensis Benth.	248
» excelsa Mart. & Gal.	248
Inga xalapensis Benth.	285
» sp.	285
Leucæna canescens Benth	280
» esculenta Benth.	280
» lanceolata Ser. Watson	280
» sp.	280
Lonchocarpus eriocarinalis Micheli	267
» eriophyllus Benth.	268
» guatemalensis Benth.	268
» violaceus H. B. K.	268
Lupinus elegans H. B. K.	247
Lysiloma acapulcensis Benth.	282
» microphylla Benth.	282
» Schiedeana Benth.	282
» tergemina Benth.	282
Machærium biovulatum Micheli	265
Mimosa acantholoba Poir.	275
» adenotricha Benth.	276
» albida Humb. & Bonpl.	276
» asperata L.	276
» camporum Benth.	276
» distachya Cav.	276
» dormiens Humb. & Bonpl.	276
» Herincquiana Micheli	276
» Langlassei Micheli	277
» leiocarpa DC.	278
» lignosa Micheli	278
» paucifoliolata Micheli	278
» puberula Benth.	279
» pudica L.	279
» schrankioides Benth.	279
» sepiaria Benth.	279
» somnians Humb. & Bonpl.	279
Mucuna urens DC.	261
Neptunia plana Benth.	275
Nissolia fruticosa Jacq.	255
Olneya Tesota Gray	252
Pachyrhizus angulatus Rich.	263
» palmatilobus Benth. & Hook.	264
Parkinsonia aculeata L.	270
Phaseolus atropurpureus DC.	261
» brevicalyx Micheli	253
» Buseri Micheli	262
» lunatus L.	263
» truxillensis H. B. K.	263
Piptadenia quadrifolia N. E. Brown	273

	Page
Piscidia Erythrina L.	267
Pithecolobium acatlense Benth.	284
» dulce Benth.	284
» filicifolium Benth.	284
» ligustrinum Klotzsch	285
» tomentosum Micheli	285
» sp.	285
Pœppigia procera Presl.	269
Poinciana pulcherrima L.	269
Prosopis julifera DC.	275
» limensis Benth.	275
Pterocarpus aphyllus Micheli	266
Rhynchosia bicolor Micheli	264
» caribæa DC.	265
Schrankia distachya DC.	280
Sesbania macrocarpa Mühl.	254
Stylosanthes humilis H. B. K.	254
Swartzia grandiflora Willd.	268
Sweetia panamensis Benth.	268
Tamarindus indica L.	273
Tephrosia crassifolia Benth.	250
» Langlassei Micheli	250
» major Micheli	251
» nitens Benth.	252
» tenella Gray	252
» toxicaria Pers.	252
Vigna lutea Gray	263
» luteola Benth.	263
Zornia diphylla Pers	255

B. Hermeq del. & lith.

Imp. J. Minot. Paris.

BRONGNIARTIA BILABIATA. MICHELI.

B. Hermcq del & lith

Imp. J. Minot Paris

BRONGNIARTIA BRACTEOLATA. MICHELI.

Imp J.Minot, Paris.

TEPHROSIA LANGLASSEI MICHELI.

B Hermoq del. & lith

Imp. J. Minot Paris

TEPHROSIA MAJOR MICHELI

B.Herincq del. & lith.

Imp. J. Minot, Paris.

COURSETIA PLANIPETIOLATA MICHELI.

B Hennecq del & lith

Imp J.Minot Paris

COURSETIA MADRENSIS. MICHELI

B. Herincq del. & lith. Imp. J. Minot, Paris

ÆSCHYNOMENE SIMULANS ROSE.

Michel, Legum Langias

B. Hermoq del. & lith.

Imp. J. Minot, Paris

E. Hennicq del. & lith. — Imp. J. Minot Paris

ÆSCHYNOMENE PAUCIFOLIOLATA MICHELI.

Imp. J. Mirot Paris

DESMODIUM MADRENSE MICHELL

DESMODIUM PSEUDO-AMPLIFOLIUM MICHELI

B. Hermoy del. & lith. Imp. J. Minot, Paris.

PHASEOLUS BREVICALYX MICHELI

B. Hermoq del. & lith.

Imp. J. Minot, Paris.

RHYNCHOSIA BICOLOR MICHELI.

B.Hermecq del. & lith.

Imp. J.Minot. Paris.

MACHÆRIUM BIOVULATUM MICHELI.

B Herincq del.s lith

Imp J. Minot, Paris.

PTEROCARPUS APHYLLUS MICHELI

Imp. J. Minot, Paris.

LONCHOCARPUS ERIOCARINALIS MICHELI.

E. Hennig del. & lith. [illegible]

CERCIDIUM PLURIFOLIOLATUM MICHELI.

B. Hermoq del. & lith.

Imp. J. Minot Paris

CASSIA QUIEDONDILLA MICHELI.

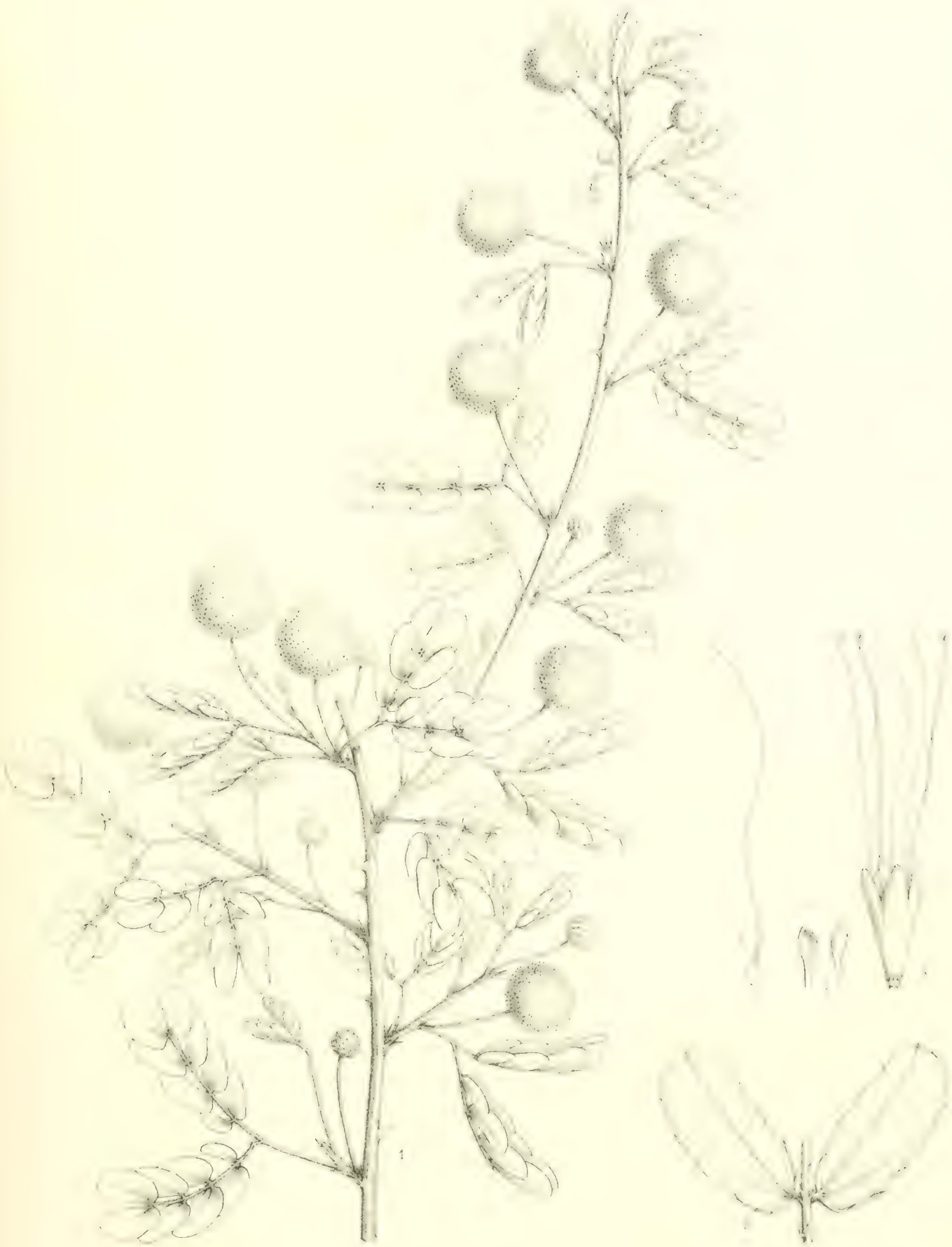
B. Herincq del. & lith. Imp. J. Minot, Paris

GOLDMANIA CONSTRICTA MICHELI ET ROSE

MIMOSA HERINCQUIANA MICHELI

P. Hennecq del. & lith. Imp. J. Minot, Paris

MIMOSA LANGLASSEI MICHELI.



B. Hérincq del. & lith.

Imp. J. Minot, Paris.

MIMOSA LIGNOSA MICHELI

B. Hermoq del & lith

Imp. J. Minot, Paris

MIMOSA PAUCIFOLIOLATA MICHELI.

ACACIA IGUANA MICHELI.

CALLIANDRA BIJUGA.

PITHECOLOBIUM ACATIENSE BENTHAM

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer d'une collection complète de ses *Mémoires*. (Tomes I-XXXIII et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : au Musée d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XIX (1884-1902). Prix Fr. 20

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896). Prix . . . . . Fr. 10

Imprimerie W. Kundig & Fils, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 34

Fascicule 4 — (Mars 1904)

Note sur une opération analytique
et son application aux fonctions de Bessel
par C. CAILLER

Rapport du président pour l'année 1903

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

PRIX : FR. 10

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 4, VOLUME 34

Pages

C. Cailler. Note sur une opération analytique et son application aux fonction de Bessel. 295

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1903 par M. Paul van Berchem 369

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 34. FASCICULE 4.

NOTE SUR UNE OPÉRATION ANALYTIQUE

ET

SON APPLICATION AUX FONCTIONS DE BESSEL

PAR

C. CAILLER

La théorie des fonctions de Bessel présente un grand nombre de formules obtenues le plus souvent par des moyens variés sans rapport bien étroit les uns avec les autres. C'est ainsi que suivant les circonstances on s'appuie tantôt sur les développements en série, tantôt sur l'une des nombreuses représentations en intégrales définies, sans que la parenté très réelle entre ces divers procédés ait été mise suffisamment en lumière. Frappé de ce manque d'unité qui doit, me semble-t-il, disparaître de l'exposé d'une théorie dès longtemps classique, j'ai cherché à coordonner d'une manière aussi naturelle que possible les principales propriétés formelles de ces fonctions en les faisant toutes découler d'un seul principe général. De là cette Note écrite depuis longtemps et dont j'ai déjà donné un court extrait dans le *Bulletin de Darboux* (1899, p. 26-48), mais que diverses circonstances m'ont empêché de publier plus tôt.

J'ai cru trouver le principe dont j'avais besoin dans une opération analytique fréquemment rencontrée par les géomètres ces dernières années et à laquelle je propose de donner le nom, employé précédemment par M. Schlesinger, de *transformation* ou *réduction de Laplace* : juste hommage rendu à l'illustre auteur qui a le premier utilisé cette opération, d'une manière implicite il est vrai, dans sa méthode d'intégration de certaines équations différentielles par des intégrales définies.

On ne trouvera dans cette espèce de petit traité *des fonctions besséliennes de première espèce* que les propriétés les plus caractéristiques de ces fonctions ; je me suis efforcé de les grouper dans un espace aussi restreint que possible et j'ai naturellement écarté tout ce qui était ou trop facile ou sans rapport avec le but précis que j'avais en vue. Bien qu'entrepris dans un but d'enseignement, j'ose espérer que cet essai renferme assez de choses nouvelles pour ne pas présenter un intérêt exclusivement didactique. J'y joins, pour montrer l'efficacité de la méthode, une courte digression sur des transcendantes analogues aux besséliennes, mais d'ordre plus élevé, auxquelles je donne le nom de *fonctions hyperbesséliennes*.

§ 1. Généralités sur les Réduites de Laplace.

Soit $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ une série ordonnée suivant les puissances entières ou fractionnaires, ou même imaginaires, d'une variable x. Nous nommerons *transformée* ou *réduite de Laplace* la fonction définie par la nouvelle série, supposée convergente comme la précédente

$$\varphi_r(x) = \Sigma\, n!\, a_n x^n,$$

et nous dirons aussi que $\varphi(x)$ est la *primitive* de $\varphi_r(x)$.

Le cas le plus intéressant et le seul, à une exception près, auquel nous aurons affaire dans cette Note est celui où la fonction $\varphi(x)$ affecte la forme

$$\varphi(x) = x^\mu \mathrm{G}(x),$$

μ désignant un nombre quelconque et $\mathrm{G}(x)$ une transcendante entière

$$\mathrm{G}(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$$

telle que le module du coefficient a_n soit égal ou inférieur à la quantité $\dfrac{\mathrm{M}}{n! r^n}$, où M et r sont deux paramètres fixes indépendants de n. Dans ces conditions, la réduite de Laplace existe et se trouve définie, comme on voit de suite, dans un cercle de rayon r; la continuation analytique servira ensuite à étendre autant que possible le domaine d'existence de cette réduite. Réciproquement, étant donnée une série

$$\varphi_r(x) = x^\mu (b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \ldots)$$

convergente dans un cercle de rayon r, elle admet pour primitive la fonction

$$\varphi(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{b_n}{(n+\mu)!} x^{n+\mu}.$$

(2)

série qui converge dans tout le plan de la variable complexe x et rentre dans le type indiqué ci-dessus.

Les définitions précédentes supposent que les fonctions $\varphi(x)$ et $\varphi_1(x)$ sont, à un facteur près x^μ, développées en séries de puissances et ont l'inconvénient d'être plus restrictives qu'il n'est nécessaire. Bien que les séries doivent jouer le rôle prépondérant dans la suite, il est cependant indispensable d'établir d'une manière un peu plus générale les relations entre la fonction réduite et sa primitive.

A cet effet, remarquons que, $\varphi(x)$ ayant toujours la forme indiquée plus haut, on a l'égalité

$$\varphi(x) = \int_0^{\infty} e^{-z} \varphi(xz)\, dz, \qquad (1)$$

qui devient évidente lorsqu'on remplace $\varphi(xz)$ par son développement puis qu'on intègre terme par terme; pour la convergence de l'intégrale il faut toutefois supposer que la partie réelle de μ est plus grande que -1. On pourrait éviter cette restriction en remplaçant le contour rectiligne d'intégration par un lacet simple entourant les points 0 et ∞, mais nous ne ferons pas ici cette complication.

Pour démontrer d'une manière entièrement rigoureuse la formule précédente, nous devons faire voir que le reste

$$\int_0^{\infty} e^{-z} (a_n x^n z^n + a_{n+1} x^{n+1} z^{n+1} + \dots)\, x^\mu z^\mu dz \qquad (2)$$

tend vers zéro, quel que soit x, à mesure que n augmente. Or, si l'on désigne par ξ le module de x, l'expression précédente admet comme majorante l'intégrale

$$M \int_0^{\infty} e^{-z} \left(\frac{\xi^n z^n}{n!\, r^n} + \frac{\xi^{n+1} z^{n+1}}{(n+1)!\, r^{n+1}} + \dots \right) \xi^\mu z^\mu dz, \qquad (3)$$

laquelle représente le reste du développement suivant les puissances de ξ de cette autre intégrale

$$M \xi^\mu \int_0^{\infty} e^{-z\left(1-\frac{\xi}{r}\right)} z^\mu dz = \frac{M \xi^\mu \mu!}{\left(1-\frac{\xi}{r}\right)^{\mu+1}}.$$

Si l'on développe le premier membre de la dernière formule suivant les puissances de ξ et qu'on intègre terme par terme, on obtient précisément le développement du second, lequel n'est valable que pour $\xi < r$. L'intégrale (3) tend donc vers zéro

à mesure que n augmente toutes les fois que $\xi < r$ et il en est de même à fortiori pour l'intégrale (2) dès que $|x| < r$.

On peut maintenant généraliser facilement la notion de *fonction réduite*. Si $\varphi(x)$ représente une fonction quelconque et que l'intégrale (1) ait un sens quand x se déplace à l'intérieur d'un certain domaine, cette intégrale se nommera la réduite de $\varphi(x)$. Ainsi qu'on l'a vu plus haut, il y a quelquefois avantage à désigner sous ce terme la même intégrale évaluée suivant un contour quelconque; mais la réduite ainsi définie n'a plus, en général, les propriétés simples que nous allons lui reconnaître et nous n'utiliserons désormais ce mot que dans le sens restreint indiqué tout d'abord.

Considérons maintenant le cas particulier où la fonction $\varphi(x)$ est holomorphe, autrement dit $\mu = 0$. Dans ce cas, la formule (1) peut être résolue par rapport à φ et l'on a, φ_r représentant maintenant une fonction quelconque régulière à l'origine,

$$\varphi(x) = \frac{1}{2\pi i}\int e^{\frac{x}{v}}\varphi_r(v)\frac{dv}{v} \quad , \tag{4}$$

l'intégrale étant prise dans le sens direct sur un contour très petit entourant une seule fois l'origine. Ce résultat se démontre de suite en remplaçant $\varphi_r(v)$ par son développement $b_0 + b_1 v + b_2 v^2 + \ldots$ et intégrant chaque terme. L'intégrale $\varphi(x)$ est visiblement holomorphe dans tout le plan et présente le type particulier indiqué plus haut. De l'égalité (4), on conclut inversement la relation (1) pour $|x| < r$. Mais nous allons voir que cette relation a lieu en général dans un domaine plus étendu que le cercle du rayon r.

En effet, soit S l'aire dans laquelle $\varphi_r(v)$ reste holomorphe; délimitons une surface S_1, intérieure à S, telle que les cercles ayant pour diamètres les droites joignant l'origine à un point quelconque de S_1 ne coupent pas le contour simple enveloppant S. Il est clair que l'aire S_1 déborde en général sur le cercle de convergence de la série $\varphi_r(v)$; d'autre part, quels que soient x pris dans l'aire S_1 et v sur son contour, l'angle Ovx est aigu, autrement dit la quantité $\frac{v - x}{v}$ a sa partie réelle positive. Ainsi en prenant l'intégrale (4) suivant le contour C de l'aire S_1 nous avons

$$2\pi i\int_0^\infty e^{-z}\varphi(xz)\,dz = \int_0^\infty e^{-z}\,dz\int_C e^{xz}\varphi_r(v)\frac{dv}{v} \quad . \tag{4}$$

Mais en intervertissant l'ordre des intégrations dans le second membre, il devient

$$\int_C \varphi_r(x)\frac{dr}{r}\int_0^x e^{-z\left(1-\frac{x}{r}\right)}dz \quad .$$

puis, en vertu de l'observation précédente,

$$\int_C \frac{\varphi_r(r)dr}{r-x} \qquad \text{ou enfin} \qquad 2\pi i\varphi_r(x) \quad .$$

On voit donc que l'égalité (1) aura lieu dans l'aire S_1 tout entière; de la sorte cette intégrale (1) constitue un prolongement analytique de la série $\varphi_r(x)$ dans l'aire S_1.

Pour mettre la démonstration précédente à l'abri de toute critique, il nous faut, il est vrai, établir la légitimité de l'inversion dans l'ordre des intégrations. Mais celle-ci résulte du fait que l'intégrale

$$\int_C \varphi_r(r)\frac{dr}{r}\int_N^x e^{-z\left(1-\frac{x}{r}\right)}dz$$

tend vers zéro à mesure que N augmente. En effet, en désignant par a le minimum positif de la partie réelle de $\frac{r-x}{r}$, on trouve de suite comme limite supérieure du module de l'intégrale considérée cette autre

$$\frac{e^{-aN}}{a}\int_C \left|\varphi_r(r)\frac{dr}{r}\right| \quad ,$$

laquelle tend vers zéro quand N augmente à l'infini.

Nous passons maintenant à l'examen de quelques propriétés élémentaires des fonctions réduites, auxquelles nous aurons fréquemment recours dans la suite.

1° Si U(x) et V(x) sont deux fonctions admettant chacune une réduite de Laplace, la somme de ces fonctions et leur produit admettent tous deux une réduite de Laplace.

Le théorème relatif au produit étant seul à justifier, soient

$$\begin{aligned} \mathrm{U}(x) &= x^{\mu}(u_0 + u_1x + u_2x^2 + \dots) \quad , \\ \mathrm{V}(x) &= x^{\nu}(v_0 + v_1x + v_2x^2 + \dots) \quad , \end{aligned}$$

les fonctions, r le rayon de convergence commun à leurs réduites, M et N deux nombres fixes; nous avons les inégalités

$$|u_m| < \frac{M}{m!\,r^m}, \qquad |v_m| < \frac{N}{m!\,r^m}.$$

Le produit vaut

$$W(x) = U(x)V(x) = x^{a+\beta}(w_0 + w_1 x + w_2 x^2 + \dots).$$

Or

$$w_m = u_m v_0 + u_{m-1} v_1 + \dots + u_0 v_m$$

et remplaçant les u et v par leur module maximum nous obtenons

$$|w_m| < \frac{MN}{r^m} \sum_{n=0}^{n=m} \frac{1}{n!\,(m-n)!} < \frac{2^m MN}{m!\,r^m}.$$

La réduite du produit existe donc dans un cercle de rayon au moins égal à $\frac{r}{2}$. De cette propriété résulte évidemment que si $f(U,V,W,\dots)$ est un polynôme en U,V,W,... et que chacune de ces fonctions U,V,W... admette une réduite de Laplace, il en sera de même pour $f(U,V,W,\dots)$.

2° Si la série $U = U_0(x) + U_1(x) + U_2(x) + \dots$ est telle que chacun de ses termes admette une réduite et que la série de ces réduites $U_0^r(x) + U_1^r(x) + \dots$ forme un tableau à double entrée absolument convergent dans un cercle de rayon r, cette série sera la réduite de la fonction $U(x)$.

Ce théorème est évident.

3° La réduite du produit $e^{ax}\lambda(bx)$ est égale à $\frac{1}{1-ax}\lambda_r\left(\frac{bx}{1-ax}\right)$. On désigne par $\lambda_r\left(\frac{bx}{1-ax}\right)$ le résultat de la substitution de la quantité $\frac{bx}{1-ax}$ à la place de la variable x dans la réduite de la fonction λ.

En effet, en supposant que cette dernière réduite existe, il en est de même de celle du produit. Celle-là est donnée par la formule (1) et se trouve égale à

$$\int_0^\infty e^{-z+axz}\lambda(bxz)dz \qquad \text{ou} \qquad \int_0^\infty e^{-z(1-ax)}\lambda(bxz)dz,$$

ou encore, en changeant x en $\frac{y}{1-ax}$, à

$$\frac{1}{1-ax}\int_0^{\infty} e^{-y}\lambda\left(\frac{bx}{1-ax}y\right)dy ,$$

ce qu'il fallait démontrer.

Par exemple, la réduite de x^μ étant $\mu!x^\mu$, celle de $x^\mu e^{ax}$ sera $\mu!\frac{x^\mu}{(1-ax)^{\mu+1}}$ résultat facile à contrôler et d'où l'on peut conclure à nouveau la propriété générale elle-même.

4° La réduite de l'intégrale

$$\int_0^{x}\lambda_1(z)\lambda_2(x-z)dz \qquad (5)$$

est égale au produit $x\lambda_1{}^r(x)\lambda_2{}^r(x)$.

En effet, cette règle ayant un caractère bilinéaire par rapport aux fonctions λ_1 et λ_2, il suffit de la vérifier dans la supposition $\lambda_1 = x^\mu$ et $\lambda_2 = x^\nu$ pour qu'elle ait généralement lieu. L'intégrale vaut alors

$$\int_0^{x} z^\mu(x-z)^\nu dz = x^{\mu+\nu+1}\frac{\mu!\nu!}{(\mu+\nu+1)!} ,$$

et sa réduite est égale à $\mu!\nu!x^{\mu+\nu+1}$ ou conforme à la règle qui se trouve ainsi démontrée. Toutefois, pour que la démonstration précédente soit valable, il faut évidemment supposer finie l'intégrale (5); autrement dit en posant $\lambda_1(x) = x^{\mu_1}G_1(x)$ et $\lambda_2(x) = x^{\mu_2}G_2(x)$ les exposants μ_1 et μ_2 doivent être tous deux supérieurs à -1. En outre, il faut remarquer que les fonctions entières $G_1(z)$ et $G_2(x-z)$ ont un produit uniformément convergent qu'on peut, comme le suppose notre démonstration, intégrer terme par terme.

A cause de la grande importance de cette propriété, nous en donnerons une nouvelle démonstration basée sur l'emploi de la formule (1). La réduite de l'intégrale

$$\int_0^{x}\lambda_1(z)\lambda_2(x-z)dz \qquad \text{ou} \qquad x\int_0^{1}\lambda_1(xx')\lambda_2\big(x(1-x')\big)dx'$$

(7)

peut s'écrire

$$x\int_0^{\infty} e^{-u'}u'du'\int_0^{1}\lambda_1(xu'v')\lambda_2\big(xu'(1-v')\big)dv' \ .$$

Or, si dans cette intégrale double, nous faisons le changement de variables

$$u = u'v' \qquad v = u'(1-v') \qquad u' = u+v \qquad v' = \frac{u}{u+v} \ .$$

le jacobien de la transformation est égal à $\frac{1}{u'}$, et l'intégrale elle-même devient

$$x\int_0^{\infty} e^{-u}\lambda_1(xu)du\int_0^{\infty} e^{-v}\lambda_2(xv)dv = x\lambda_1{}^r(x)\lambda_2{}^r(x) \ .$$

ce qu'il fallait démontrer.

§ 2. Digression sur l'équation de Levi-Cività.

M. Levi-Cività[1] a résolu d'une manière générale le problème d'inversion de l'intégrale

$$\int_0^{x}\lambda_1(z)\lambda_2(x-z)dz = \lambda_3(x) \ , \tag{6}$$

par rapport à la fonction inconnue λ_1 (les deux autres λ_2 et λ_3 étant regardées comme connues), en ramenant ce problème à l'inversion de certaines intégrales de Fourier. Il est aisé de simplifier la solution donnée par cet auteur au point de la rendre élémentaire, en la rattachant aux résultats précédents. Remarquons, en effet, que si l'on change pour un instant le sens du mot *réduite* en définissant $\lambda_1{}'(x)$ et $\lambda_2{}^r(x)$ par les équations

$$\int_0^{\infty} e^{iz}\lambda_1(xz)dz = \lambda_1{}^r(x) \ ,$$

$$\int_0^{\infty} e^{iz}\lambda_2(xz)dz = \lambda_2{}^r(x) \ ,$$

un calcul de tout point semblable à celui qu'on vient de lire nous donnera

$$x\lambda_1{}^r(x)\lambda_2{}^r(x) = \int_0^{\infty} e^{iu'}\lambda_3(xu')du' = \lambda_3{}^r(x) \ . \tag{7}$$

[1] *Actes de l'Académie de Turin*, Nov. 1895.

Ainsi le théorème relatif à la réduite de l'intégrale (6) subsiste pour le nouveau sens du mot réduite. On en déduit aisément λ_1 lorsque λ_2 et λ_3 sont supposés donnés : en effet, $\lambda_1{}^r$, $\lambda_2{}^r$, $\lambda_3{}^r$, ont les formes suivantes

$$\lambda_1{}^r(x) = \mu_1(x) + i\nu_1(x) ,$$
$$\lambda_2{}^r(x) = \mu_2(x) + i\nu_2(x) ,$$
$$\lambda_3{}^r(x) = \mu_3(x) + i\nu_3(x) ,$$

et l'identité (7) montre que les fonctions réelles $\mu_1(x)$ et $\nu_1(x)$ seront déterminées par une simple division algébrique lorsque λ_2 et λ_3, autrement dit μ_2, ν_2, μ_3, ν_3 sont donnés. Comme, d'autre part, il résulte de la définition que

$$\int_0^\infty \cos z\lambda_1(xz)dz = \mu_1(x) ,$$

$$\int_0^\infty \sin z\lambda_1(xz)dz = \nu_1(x) ,$$

il est clair que le problème s'achève par l'inversion de l'une ou l'autre de ces intégrales de Fourier. Le calcul, que nous laisserons au lecteur le soin d'achever, met en évidence l'identité des deux résultats ainsi obtenus. Cette condition était nécessaire pour que l'équation (6) admit une solution: elle suffit d'ailleurs, sous réserve de certaines restrictions relatives à l'intégrabilité des fonctions λ_1, λ_2, λ_3 et à l'existence des intégrales de Fourier $\lambda_2{}^r(x)$ et $\lambda_3{}^r(x)$ dont la première ne doit s'annuler pour aucune valeur positive de x.

Laissant de côté la discussion de ces divers points suffisamment élucidés par M. Levi-Cività, je remarque que la solution précédente, d'un haut degré de généralité, peut être simplifiée notablement dans un cas très étendu. Restituons au mot réduite son sens primitif et supposons que la fonction connue λ_2 ait la forme $x^{-\alpha}G_2(x)$, α étant un exposant compris entre 0 et 1, et $G_2(x)$ une transcendante entière de la forme indiquée à la page 296 ; la réduite de λ_2 existe dans ces conditions. Nommons Λ la fonction primitive du quotient $\frac{1}{x\lambda_2{}^r(x)}$, fonction dont la forme est $\Lambda = x^{\alpha-1}G(x)$. La fonction Λ se trouve par simple division algébrique et comme l'exposant $1 - \alpha$ est positif et plus petit que l'unité il s'ensuit que l'intégrale

$$\int_0^x \Lambda(z)\lambda_2(x - z)dz$$

(9)

existe ; le théorème (5) nous apprend d'ailleurs qu'elle est égale à l'unité puisque telle est la valeur du produit $x\Lambda^r\lambda_2^r$.

Voici maintenant comment on peut pratiquer l'inversion de l'intégrale (6). De l'équation

$$\int_0^x \lambda_1(z)\lambda_2(t-z)dz = \lambda_3(t) \ ,$$

on tire en multipliant par $\Lambda(x-t)dt$ et intégrant de 0 à x

$$\int_0^x \Lambda(x-t)dt \int_0^t \lambda_1(z)\lambda_2(t-z)dz = \int_0^x \lambda_3(t)\Lambda(x-t)dt \ ,$$

mais, en intervertissant les intégrations, le premier membre s'écrit

$$\int_0^x \lambda_1(z)dz \int_z^x \Lambda(x-t)\lambda_2(t-z)dt \ .$$

Or l'intégrale intérieure vaut encore $\int_0^{x-z} \Lambda(x-z-u)\lambda_2(u)du$, ou l'unité, en vertu de la propriété obtenue plus haut pour Λ. Ainsi donc

$$\int_0^x \lambda_1(z)dz = \int_0^x \lambda_3(t)\Lambda(x-t)dt \ ,$$

ou enfin

$$\lambda_1(x) = \frac{d}{dx}\int_0^x \lambda_3(t)\Lambda(x-t)dt \ .$$

Abel[1] a déjà indiqué cette solution dans le cas simple $\lambda_2 = x^{-\alpha}$, Λ étant alors égal à $\frac{x^{\alpha-1}}{(\alpha-1)!\,(-\alpha)!}$.

Remarquons en terminant que l'équation de Levi-Cività n'est que le cas le plus simple d'une série d'équations fonctionnelles qui peuvent être résolues par un procédé tout semblable.

Considérons, par exemple, l'intégrale multiple

$$I(x) = \int\int\int \ldots \int \lambda_1(z_1)\lambda_2(z_2)\ldots\lambda_n(z_n)dz_1dz_2\ldots dz_{n-1},$$

[1] *Œuvres d'Abel*, t. I, p. 11-18 et 97-101.

où les variables sont liées par l'équation $z_1 + z_2 \ldots + z_n = x$ et le champ d'intégration défini par les inégalités $z_1 > 0\ z_2 > 0 \ldots\ z_n > 0$; on suppose x lui-même positif. La réduite, aux deux sens du mot, de la fonction I est égale à la quantité $x^m \lambda_1^r(x)\lambda_2^r(x)\ldots\lambda_n^r(x)$; si donc I est donné ainsi que tous les λ, sauf l'un d'entre eux, on trouvera ce dernier par simple division.

Soit encore à résoudre le système

$$\int_0^x [f(z)a_1(x-z) + \varphi(z)b_1(x-z)]\,dz = A_1(x)\ ,$$

$$\int_0^x [f(z)a_2(x-z) + \varphi(z)b_2(x-z)]\,dz = A_2(x)\ .$$

par rapport aux fonctions inconnues f et φ, toutes les autres a_1, b_1, a_2, b_2, A_1, A_2 étant données. En prenant les réduites des deux membres dans chaque équation, nous ramènerons le problème à la résolution d'un système de deux équations à deux inconnues du premier degré.

Les problèmes précédents sont du premier degré, autrement dit ont le caractère linéaire par rapport aux inconnues. Rien n'empêche d'appliquer la même marche à des problèmes d'un degré quelconque. C'est ainsi que l'équation du second degré

$$\int_0^x \lambda(z)\lambda(x-z)dz = f(x)$$

devient par réduction $x\lambda_r^2(x) = f_r(x)$ ou $\lambda_r(x) = \sqrt{\frac{f_r(x)}{x}}$.

Remarquons enfin que la notion de fonction réduite s'étend d'elle-même aux fonctions de plusieurs variables, la réduite de la série double $\Sigma a_{m,n}x^m y^n$, par exemple, étant $\Sigma m!\,n!\,a_{m,n}x^m y^n$. Cela posé, on démontre de suite la proposition suivante.

La réduite, par rapport aux deux variables x, y de l'intégrale double

$$\int_0^x \int_0^y \lambda_1(z,u)\lambda_2(x-z, y-u)dzdu, \qquad (8)$$

est égale à la quantité $xy\lambda_1^r(x,y)\lambda_2^r(x,y)$. Lorsque l'intégrale et une des fonctions λ seront connues, on pourra trouver l'autre par une division algébrique suivie du retour à la fonction primitive.

§ 3. Relations différentielles.

Nous avons vu que la réduite de la fonction $e^{ax}\lambda(bx)$ est égale à la quantité

$$\frac{1}{1-ax}\lambda_r\left(\frac{bx}{1-ax}\right).$$

Différentions cette relation m fois par rapport à a et n fois par rapport à b, puis faisons $a=0$ et $b=1$; nous obtenons pour réduite de la fonction de $x^{m+n}\lambda^{(n)}(x)$, la quantité

$$\frac{d^m}{da^m}\cdot\frac{x^n}{(1-ax)^{n+1}}\lambda_r^{(n)}\left(\frac{bx}{1-ax}\right),$$

après les calculs il faut remplacer a par 0 et b par 1. On voit que la réduite de $x^{m+n}\frac{d^n\lambda}{dx^n}$ s'exprime en fonction de λ_r et de ses dérivées jusqu'à la $(m+n)^{\text{ième}}$.

En remplaçant $\frac{1}{1-ax}$ par γ et $\frac{d}{da}$ par $\gamma^2 x\frac{d}{d\gamma}$, on transforme l'expression précédente successivement en $x^{m+n}\left(\gamma^2\frac{d}{d\gamma}\right)^m\left(\frac{d}{dx}\right)^n\gamma\lambda_r(x\gamma)$, puis, γ étant $=1$, en $x^{m+n}\left(\frac{d}{dx}\right)^n\frac{1}{x^{m+1}}\left(x^2\frac{d}{dx}\right)^m x\lambda_r(x)$, enfin en $x^{m+n}\frac{d^{m+n}}{dx^{m+n}}x^m\lambda_r(x)$. Telle est la forme définitive pour la réduite de l'expression $x^{m+n}\frac{d^n}{dx^n}\lambda(x)$.

La forme de ce résultat suggère l'extension suivante, exacte à une exception près: *la réduite de l'expression* $x^m\lambda^{(n)}(x)$, *m et n étant deux entiers positifs, est égale à* $x^m\frac{d^m}{dx^m}(x^{m-n}\lambda_r)$.

Il suffit de démontrer cette proposition pour $\lambda=x^\mu$. Mais dans ce cas on a

$$x^m\lambda^{(n)}(x)=\mu(\mu-1)\ldots(\mu-n+1)x^{\mu-n+m}$$

et

$$[x^m\lambda^n(x)]_r=(\mu-n+m)!\,\mu(\mu-1)\ldots(\mu-n+1)x^{\mu-n+m}.$$

D'ailleurs

$$\lambda_r = \rho!\, x^\rho, \quad x^{m-n}\lambda_r = \rho!\, x^{m-n+\rho},$$

et par suite

$$x^m \frac{d^m}{dx^m}(x^{m-n}\lambda_r) = \rho!\,(\rho+m-n)(\rho+m-n-1)\ldots(\rho-n+1)\,x^{\rho-n+\rho}.$$

La règle est prouvée, car dans les deux expressions le coefficient de $x^{m-n+\rho}$ se trouve égal à la quantité $\rho!\,\frac{(\rho+m-n)!}{(\rho-n)!}$. Toutefois cette transformation suppose le nombre ρ non entier ; dans le cas contraire il ne saurait être négatif, λ_r étant alors infini ; s'il est plus grand que n la règle demeure vraie et l'exception se manifeste seulement lorsque ρ est l'un des nombres 0, 1.... $(n-1)$. Le premier coefficient numérique est alors toujours nul, le second ne le sera que si ρ est égal ou supérieur à $n-m$; en résumé, il y a exception pour ρ positif et inférieur à $(n-m)$. Si donc λ affecte la forme $x^\rho G(x)$, ρ étant fractionnaire, la règle précédente s'applique sans modification : au contraire si λ est holomorphe et égal au développement

$$\lambda = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots a_p x^p + \ldots \qquad p = n - m$$

il faut écrire

$$[x^m \lambda^{(n)}]_r = x^m \frac{d^m}{dx^m} x^{m-n}(\lambda - a_0 - a_1 x \ldots - a_{p-1}x^{p-1})_r. \qquad (9)$$

De la règle précédente il résulte que si la fonction λ vérifie une équation différentielle de la forme

$$P_0 \frac{d^m\lambda}{dx^m} + P_1 \frac{d^{m-1}\lambda}{dx^{m-1}} + \ldots + P_m\lambda = H, \qquad (10)$$

dans laquelle les P et H représentent des polynômes en x, la fonction λ_r satisfait à son tour une équation différentielle de forme semblable

$$Q_0 \frac{d^n\lambda_r}{dx^n} + Q_1 \frac{d^{n-1}\lambda_r}{dx^{n-1}} + \ldots + Q_n\lambda_r = K. \qquad (11)$$

Réciproquement lorsque cette dernière équation admet une intégrale convergente autour de l'origine et pour laquelle ce point n'est pas critique transcendant, la précédente (10) admet une solution qui est la primitive de cette intégrale.

Quant à la relation existant entre ces équations différentielles (10) et (11), elle donne lieu aux observations suivantes.

Si p est le degré maximum des polynômes P, l'ordre de l'équation (11), ou n, sera égal à p. Supposons qu'il n'existe qu'un seul polynôme du degré maximum, soit $P_k = a_{k,p}x^p + \ldots$ ce polynôme: on a alors, comme on voit aisément, $n = p$ et $Q_0 = a_{k,p}t^{2n-m+k}$, cette forme monôme montrant que l'équation (11) ne possède au plus qu'un seul point critique à distance finie, savoir l'origine. Si, au contraire, il y a plusieurs polynômes tels que $P_k, P_{k'}, P_{k''}, \ldots$ du même degré maximum p, Q_0 présente une forme polynôme

$$Q_0 = (a_{k,p}t^{2p-m+k} + a_{k',p}t^{2p-m+k'} + a_{k'',p}t^{2p-m+k''} + \ldots) .$$

indiquant la présence d'autres points singuliers que $x = 0$, à savoir les racines du polynôme $Q_0 = 0$.

En second lieu remarquons que si l'on multiplie tous les termes de l'équation différentielle primitive par un facteur polynôme, ce changement fournira une autre équation réduite, d'ordre plus élevé, admettant d'ailleurs toutes les solutions de (11). Enfin, le choix même de la solution λ peut influer sur le terme K lorsque cette solution est holomorphe et qu'il faut appliquer la formule exceptionnelle (9). En particulier K peut être différent de zéro, H étant égal à zéro. Nous pouvons éviter ces diverses complications en multipliant l'équation (10) par une puissance de x telle que, pour aucun terme, l'exposant de la variable ne soit inférieur à l'indice de la dérivée correspondante, ce qui permet d'appliquer sans exception le théorème général.

Il importe d'entrer dans quelques détails de calcul touchant le passage de l'équation primitive à la réduite et réciproquement ; nous supposerons désormais $H = 0$, et par suite, si l'on a préparé l'équation primitive comme il vient d'être dit, $K = 0$. Désignons par ϖ le symbole opératoire $x\frac{d}{dx}$, on a identiquement, ainsi qu'il est aisé de voir,

$$x^m \frac{d^m}{dx^m} u = \varpi(\varpi - 1)(\varpi - 2)\ldots(\varpi - m + 1)u ,$$

l'ordre des facteurs symboliques du second membre étant indifférent. Un terme quelconque de l'équation primitive présentant la forme $x^{m+n}\lambda^n(x)$ il lui correspondra, dans l'équation réduite, le terme

$$\varpi(\varpi - 1)\ldots(\varpi - m - n + 1)(x^m\lambda_r) ; \qquad (12)$$

cela résulte de la règle énoncée au début de ce paragraphe.

Réciproquement, s'il s'agit de passer de l'équation réduite à la primitive

correspondante, nous l'écrirons sous une forme telle que son premier membre ne contienne que des termes semblables à (12), ce qui est toujours possible. En effet, nommons *poids* d'un terme tel que $x^p \frac{d^q \lambda_r}{dx^q}$ le nombre $p - q$: tout terme de poids l peut s'écrire $x^{q+l} \frac{d^q \lambda_r}{dx^q}$, ou encore $x^l \varpi(\varpi - 1)\dots(\varpi - q + 1)\lambda_r$, ou enfin $(\varpi - l)(\varpi - l - 1)\dots(\varpi - l - q + 1)(x^l \lambda_r)$. Ainsi en ordonnant l'équation donnée suivant des termes de poids 0, 1, 2,... elle s'écrira toujours sous la forme

$$\psi_0(\varpi)\lambda_r + \psi_1(\varpi)(x\lambda_r) + \psi_2(\varpi)(x^2\lambda_r) + \dots + \psi_m(\varpi)(x^m\lambda_r) = 0 ,$$

les ψ étant des polynômes. On peut même supposer, moyennant une multiplication préalable, qu'un terme quelconque d'ordre k, $\psi_k(\varpi)$ par exemple contient en facteur le produit $\varpi(\varpi - 1)\dots(\varpi - k + 1)$, et qu'ainsi quel que soit k

$$\psi_k(\varpi) = \varpi(\varpi - 1)\dots(\varpi - k + 1)\sigma_k(\varpi) .$$

Enfin, développons $\sigma_k(\varpi)$ de la manière suivante

$$\sigma_k(\varpi) = a_0 + a_1(\varpi - k) + a_2(\varpi - k)(\varpi - k - 1) + a_3(\varpi - k)(\varpi - k - 1)(\varpi - k - 2) + \dots :$$

il est clair qu'après cette préparation tous les termes de la réduite sont de la forme (12) indiquée plus haut et qu'on peut écrire immédiatement l'équation primitive correspondante. Quant à l'ordre de cette dernière il est égal au degré maximum des polynômes σ.

Exemple. Cherchons à déterminer l'équation différentielle, d'ordre minimum que satisfait une fonction admettant comme réduite l'expression $x^q e^{-x^p}$, q étant quelconque et p un nombre rationnel et positif, $p = \frac{m}{n}$.

Posons pour abréger

$$q' = q + p \quad , q'' = q' + p, \dots q^{(n)} = q^{(n-1)} + p,$$

les q étant ainsi en progression arithmétique de raison p et soit encore

$$f_1^r \quad x^q e^{-x^p}.$$

On a identiquement

$$(\varpi - q) f_q^r = -p f_{q'}^r .$$

et par conséquent en répétant la même opération n fois

$$(\varpi - q)(\varpi - q')..(\varpi - q^{n-1})f_q^r = (-p)^n f_{q+np}^r ,$$

ou encore

$$(\varpi - q)(\varpi - q')..(\varpi - q^{n-1})f_q^r = (-p)^n x^m f_q^r .$$

Pour passer à la primitive, multiplions les deux nombres par le facteur $\varpi(\varpi - 1)...(\varpi - m + 1)$: nous trouvons alors pour correspondant du second membre le terme $(-p)^n x^m f$. Quant au premier membre, si l'on pose

$$(\varpi - q)(\varpi - q')...(\varpi - q^{n-1}) = A_0 + A_1(\varpi - m) + A_2(\varpi - m)(\varpi - m - 1) + ... + A_n(\varpi - m)(\varpi - m - 1)..(\varpi - m - n + 1) , \qquad (13)$$

il est clair que sa primitive sera

$$A_n x^{m+n} f^{(m+n)} + A_{n-1} x^{m+n-1} f^{(m+n-1)} + .. \quad + A_0 x^m f^{(m)} .$$

et l'on aura pour l'équation primitive cherchée

$$A_n x^n f^{(m+n)} + A_{n-1} x^{n-1} f^{(m+n-1)} + ... + A_0 f^{(m)} = (-p)^n f .$$

La détermination de ces constantes A n'offre aucune difficulté. En effet, de la condition (13) posée plus haut on tire identiquement

$$(\varpi + m - q)(\varpi + m - q')..(\varpi + m - q^{(n-1)}) = A_0 + A_1\varpi + A_2\varpi(\varpi - 1) + A_3\varpi(\varpi - 1)(\varpi - 2) + ...$$

d'où l'on conclut en remplaçant par $\varphi(m)$ l'expression

$$(m - q)(m - q')... (m - q^{n-1})$$

cette valeur de A_i

$$A_i = \frac{\Delta^i \varphi(m)}{1.2.3...i}$$

étant entendu que les différences successives sont obtenues en substituant à m d'abord $m + 1$, puis $m + 2$, et ainsi de suite.

Ainsi, lorsque p est entier, on a $n = 1$, $m = p$, $A_0 = p - q$, $A_1 = 1$ et par conséquent la fonction dont la réduite est $x^q e^{-x^p}$ vérifie l'équation différentielle de Laplace

$$xf^{(p+1)} + (p - q)f^{(p)} + pf = 0 . \qquad (14)$$

Si l'on faisait dans cette équation $p = \frac{1}{2}$, on obtiendrait une équation diffé-

rentielle à indices fractionnaires; aussi vaut-il mieux appliquer la méthode générale pour trouver l'équation primitive appartenant à la fonction $x^{\frac{1}{2}}e^{-2\sqrt{x}}$. On a ici $m=1$, $n=2$, $p=\frac{1}{2}$, et pour la détermination des coefficients, le tableau

m	v	Δv	$\frac{1}{2}\Delta^2 v$
1	$(q-1)(q'-1)$	$3-(q+q')$	1
2	$(q-2)(q'-2)$	$5-(q+q')$	
3	$(q-3)(q'-3)$		

qui donne

$$A_0=1,\ A_1=3-(q+q')=-(2q-\tfrac{5}{2}),\ A_2=(q-1)(q-\tfrac{1}{2}).$$

et pour l'équation cherchée

$$x^2f'''-(2q-\tfrac{5}{2})xf''+(q-1)(q-\tfrac{1}{2})f'=\tfrac{1}{4}f\ .$$

Telle est ici la forme explicite de l'équation de Laplace à indices fractionnaires (14) à laquelle s'appliquerait dans tous ses traits essentiels la méthode d'intégration de Laplace. C'est le cas le plus simple d'une classe étendue d'équations différentielles pour lesquelles la même méthode est valable.

Remarquons en terminant que la fonction qui nous a servi d'exemple n'a point la forme $x^{\alpha}\mathrm{G}(x)$, sa réduite $x^{\frac{1}{2}}e^{2\sqrt{x}}$ étant ordonnée suivant les puissances de $\sqrt{x}$ et non de x: il est à peine nécessaire d'observer qu'il n'y a là aucun inconvénient pratique, la difficulté pouvant d'ailleurs être tournée en considérant les fonctions qui ont pour réduites $x^{\frac{1}{2}}(e^{2\sqrt{x}}+e^{-2\sqrt{x}})$ ou $x^{\frac{1}{2}}(e^{2\sqrt{x}}-e^{-2\sqrt{x}})$. Ces fonctions sont évidemment du type normal et vérifient l'équation différentielle obtenue plus haut.

§ 4. Les fonctions de Bessel et leurs réduites.

Nous allons appliquer les notions qui précèdent aux fonctions de Bessel de première espèce: on nomme ainsi les transcendantes

$$J_n(x)=\frac{x^n}{2^n\,n!}\left[1-\frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{1!\,(n+1)}+\frac{\left(\frac{x}{2}\right)^4}{2!\,(n+1)(n+2)}-\ldots\right] \quad (15)$$

où n représente un nombre, généralement entier et positif dans les applications.

mais qui dans la théorie peut être pris fractionnaire ou même imaginaire; cependant nous admettrons fréquemment que sa partie réelle est supérieure à -1, le lecteur devant facilement discerner les formules où cette distinction est nécessaire. Des formules de récurrence connues, que nous établirons à nouveau plus loin, permettent d'ailleurs de ramener à ce cas tous les autres. Les transcendantes de Bessel $J_n(x)$ se présentent comme une généralisation des fonctions circulaires; en effet, on trouve pour $n = \frac{1}{2}$ et $n = -\frac{1}{2}$ les relations

$$J_{\frac{1}{2}}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}}\sin x \qquad J_{-\frac{1}{2}}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}}\cos x.$$

La série $J_n(x)$ s'offre pour satisfaire l'équation différentielle

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dy}{dx} + \left(1 - \frac{n^2}{x^2}\right)y = 0 \quad , \tag{16}$$

l'autre solution, généralement distincte, est visiblement $y = J_{-n}(x)$. Il résulte de la théorie des équations différentielles linéaires que ces solutions ne forment pas un système fondamental lorsque le nombre n est entier; l'équation précédente admet alors une solution avec un point logarithmique à l'origine, mais nous n'aurons pas à nous occuper de cette intégrale dans la suite.

La forme du développement $J_n(x)$ fait voir que la fonction $J_n(x)$ peut, moyennant un changement de variable convenable, se ramener à la suivante

$$\varphi_q(x) \qquad \frac{x^q}{q!} + \frac{x^{q+1}}{1!(q+1)!} + \frac{x^{q+2}}{2!(q+2)!} + \dots \quad , \tag{17}$$

qu'on pourrait nommer *fonction de Legendre* du nom de l'auteur qui l'a étudiée en premier lieu[1]: il est toutefois préférable de lui conserver le nom de fonction de Bessel en la regardant comme une simple forme de $J_n(x)$. Cette nouvelle fonction satisfait l'équation différentielle

$$x\frac{d^2y}{dx^2} - (q-1)\frac{dy}{dx} - y = 0 \quad , \tag{18}$$

dont la seconde solution est $y = x^q\varphi_{-q}(x)$. La relation entre les deux formes sous

[1] LEGENDRE. *Eléments de géométrie*. 12e édit., p. 289.

lesquelles nous aurons à rencontrer les fonctions de Bessel est exprimée par les égalités

$$\varphi_q(x) = \frac{1}{\Gamma q}\, x^{q/2} \mathrm{J}_q(2\sqrt{x}) \qquad \text{et} \qquad \mathrm{J}_n(x) = \left(-\frac{2}{x}\right)^n \varphi_n\left(-\frac{x^2}{4}\right) .$$

Dans les applications en Physique Mathématique ou en Astronomie, c'est presque toujours à la forme J_n qu'on a affaire : dans la théorie, au contraire, il y a lieu de considérer fréquemment φ_q, dont les propriétés sont souvent plus simples. Nous prendrons tantôt l'une tantôt l'autre de ces deux formes suivant les circonstances, sans nous astreindre à écrire toujours les formules parallèles que le lecteur pourra former sans peine.

Cherchons d'abord les réduites de ces fonctions $\varphi_q(x)$ et $\mathrm{J}_n(x)$. La série (17) nous donne

$$\varphi_q^{\nu}(x) = x^q e^x \qquad \text{ou} \qquad \int_0^{\infty} e^{-z} \varphi_q(xz)\, dz = x^q e^x ,$$

ou encore

$$\int_0^{\infty} e^{-z^2} z^{n+1} \mathrm{J}_n(xz)\, dz = \frac{x^n}{2^{n+1}}\, e^{-\frac{x^2}{4}} .$$

De ces deux intégrales nous déduisons *si q et n sont entiers*, et v représentant une variable complexe qui tourne autour de l'origine dans le sens direct en décrivant un contour C,

$$\varphi_q(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathrm{C}} e^{x\left(v + \frac{1}{v}\right)} v^{-q-1}\, dv ,$$

et

$$\mathrm{J}_n(x) = \left(-\frac{2}{x}\right)^n \frac{1}{2\pi i} \int_{(\mathrm{C})} e^{-\frac{x^2}{4v} + v} v^{n-1}\, dv .$$

La dernière intégrale peut encore s'écrire, en posant $v = \frac{1}{2} xz$, ce qui oblige la variable z à décrire autour de l'origine un contour C′ semblable à C,

$$\mathrm{J}_n(x) = \frac{(-1)^n}{2\pi i} \int_{\mathrm{C}'} e^{\frac{x}{2}\left(z - \frac{1}{z}\right)} z^{n-1}\, dz ,$$

d'où résulte que $(-1)^n \mathrm{J}_n(x)$ est le coefficient de z^{-n} dans le développement de la fonction $e^{\frac{x}{2}\left(z - \frac{1}{z}\right)}$ suivant les puissances positives et négatives de z.

La dernière formule nous permet de trouver facilement la réduite de $J_n(x)$; transformons en effet une fois encore en posant $z - \frac{1}{z} = \frac{2}{u}$; la variable u tourne autour de zéro en même temps que z, et l'on a $z = -\frac{u}{1+\sqrt{1+u^2}}$, $\frac{dz}{z} = \frac{du}{u\sqrt{1+u^2}}$, et enfin

$$J_n(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(C)} e^{\frac{x}{u}} \frac{u^{n-1}}{(1+\sqrt{1+u^2})^n}\frac{du}{\sqrt{1+u^2}} .$$

Ainsi, n étant entier, nous avons pour réduite de $J_n(x)$, l'expression

$$J_n{}^r(x) = \frac{x^n}{(1+\sqrt{1+x^2})^n\sqrt{1+x^2}} .$$

La même formule est encore valable pour n quelconque, ainsi qu'il est aisé de le reconnaître; car si l'on réduit directement la série $J_n(x)$, on trouve

$$J_n{}^r(x) = \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^\mu \frac{(n+2\mu)!}{(n+\mu)!\,\mu!}\left(\frac{x}{2}\right)^{n+2\mu} .$$

ou, en remplaçant $(n+2\mu)!$ par le produit $2^{n+2\mu+\frac{1}{2}}\left(\mu+\frac{n}{2}\right)!\left(\mu+\frac{n-1}{2}\right)!\sqrt{2\pi}$

$$J_n{}^r(x) = \left(\frac{x}{2}\right)^n \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^\mu \frac{\left(\mu+\frac{n}{2}\right)!\left(\mu+\frac{n-1}{2}\right)!}{\mu!\,(n+\mu)!}x^{2\mu} ,$$

ou enfin, en remarquant que ce second membre s'exprime par une série hypergéométrique,

$$J_n{}^r(x) = \frac{\left(\frac{n}{2}\right)!\left(\frac{n-1}{2}\right)!}{n!}\frac{x^n}{\sqrt{\pi}}\,\mathrm{F}\left(\frac{n}{2}+1, \frac{n+1}{2}, n+1, -x^2\right) .$$

Or, ce résultat concorde nécessairement avec $\left(\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}}\right)^n \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$ toutes les fois que le nombre n est entier et positif; il est clair, par la nature des coefficients numériques des deux développements, que la coïncidence ne peut avoir lieu pour toutes les valeurs entières de n sans être absolue.

Le calcul précédent peut être appliqué sans modification à la recherche de la réduite de la fonction $x^m J_n(x)$, m et n étant quelconques. On trouve

$$[x^m J_n(x)]_r = 2^m \frac{\left(\frac{m+n}{2}\right)! \left(\frac{m+n-1}{2}\right)!}{n!} \cdot \frac{x^{m+n}}{\sqrt{\pi}} F\left(\frac{m+n}{2}+1, \frac{m+n+1}{2}, n+1, -x^2\right),$$

et le second membre revêtira la forme algébrique, comme on peut le conclure des criteriums donnés par M. Schwarz pour l'intégration algébrique de l'équation hypergéométrique, 1° lorsque m est un nombre entier, n étant quelconque ; 2° lorsque la différence entre m et n est entière. Ainsi pour $m = n$ on trouve

$$[x^n J_n(x)]_r = \frac{2^n}{\sqrt{\pi}} x^{2n} \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^\mu \frac{\left(n+\mu-\frac{1}{2}\right)!}{\mu!} x^{2\mu} \quad .$$

$$\frac{2n!}{2^n n!} \frac{x^{2n}}{(1+x^2)^{n+\frac{1}{2}}} \quad .$$

Les formules précédentes fournissent les intégrales définies

$$\int_0^\infty e^{-z} J_n(xz)\, dz = \left(\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}}\right)^n \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \quad .$$

$$\int_0^\infty e^{-z} z^m J_n(xz)\, dz = \frac{2^m}{\sqrt{\pi}} \frac{\left(\frac{m+n}{2}\right)! \left(\frac{m+n-1}{2}\right)!}{n!} x^n F \, ,$$

F représente la fonction hypergéométrique

$$F\left(\frac{m+n}{2}+1, \frac{m+n+1}{2}, n+1, -x^2\right) .$$

On a en particulier la formule

$$\int_0^\infty e^{-z} z^n J_n(xz)\, dz = \frac{2n!}{2^n n!} \frac{x^{2n}}{(1+x^2)^{n+\frac{1}{2}}} \quad .$$

laquelle donne inversement

$$\frac{2^n n!}{(2n)!} x^n J_n(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_C e^{\frac{x}{v}} \frac{v^{2n-1}}{(1+v^2)^{n+\frac{1}{2}}} dv \quad :$$

la variable v est supposée décrire le contour C autour de l'origine : si nous lui

substituons $u = \frac{1}{r}$, u trace un lacet L enveloppant les points $u = \pm i$, et l'on a

$$\frac{2^n n!}{(2n)!}\, x^n \mathrm{J}_n(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{L}} e^{xu}\,(u^2+1)^{-\left(n+\frac{1}{2}\right)}\,du \quad .$$

ou encore

$$(-1)^q\,\frac{2^{2q}q!}{(2q)!}\,\varphi_q(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{L}} e^{2iu\sqrt{x}}\,(u^2+1)^{-\left(q+\frac{1}{2}\right)}\,du \quad .$$

Cette représentation intégrale de la fonction $\varphi_q(x)$ est valable, comme une autre précédemment donnée, dans le seul cas où q est entier ; nous en verrons bientôt une troisième tout à fait générale.

Nous allons utiliser quelques-uns des résultats précédents pour déterminer divers développements en série.

1° Soit à développer la fonction $e^{\alpha x}\mathrm{J}_0(\beta x)$ suivant les puissances de x.

Nous venons de voir que la réduite de $\mathrm{J}_0(x)$ est $\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$; ainsi en vertu d'un théorème connu, celle de $e^{\alpha x}\mathrm{J}_0(\beta x)$ sera égale à

$$\frac{1}{(1-\alpha x)\sqrt{1+\frac{\beta^2 x^2}{(1-\alpha x)^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-2\alpha x+(\alpha^2+\beta^2)x^2}} \quad .$$

Mais si l'on désigne par $\mathrm{P}_n(x)$ le polynôme de Legendre, nous avons

$$\frac{1}{\sqrt{1-2\alpha x+(\alpha^2+\beta^2)x^2}} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \mathrm{P}_n\left(\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}\right)(x\sqrt{\alpha^2+\beta^2})^n \quad ;$$

si donc on fait pour simplifier $\alpha^2+\beta^2 = 1$, on trouve

$$e^{\alpha x}\mathrm{J}_0(x\sqrt{1-\alpha^2}) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \mathrm{P}_n(\alpha)\,\frac{x^n}{n!} \quad .$$

Le cas $\alpha^2+\beta^2 = 0$ est exclus de ce qui précède, mais il donne immédiatement

$$e^x \mathrm{J}_0(xi) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1.3.5\ldots(2n-1)}{(n!)^2}\,x^n \quad .$$

2° On demande de développer une fonction entière $f(x)$ en série de la forme

$$f(x) = a_0\mathrm{J}_0(x) + a_1\mathrm{J}_1(x) + a_2\mathrm{J}_2(x) + \ldots \quad .$$

Le problème ne visant que la détermination des coefficients numériques a_n, réduisons les deux membres par rapport à x, il vient

$$f\left(\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}}\right) = \sum_0^{\infty} a_n \left(\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}}\right)^n \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} ;$$

ou faisant

$$\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}} = y \qquad x = \frac{2y}{1-y^2} \qquad \sqrt{1+x^2} = \frac{1+y^2}{1-y^2} ,$$

on a

$$\frac{1+y^2}{1-y^2} f_r\left(\frac{2y}{1-y^2}\right) = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n y^n .$$

Ainsi il revient au même de développer $f(x)$ de la manière indiquée, ou

$$\frac{1+y^2}{1-y^2} f_r\left(\frac{2y}{1-y^2}\right)$$

suivant les puissances de y. Il résulte du même calcul qu'il ne saurait exister de relation linéaire à coefficients constants entre un nombre limité de fonctions J_n.

Par exemple, s'il faut développer la fonction e^{axi}, la réduite $f_r(x)$ se trouve égale à $\frac{1}{1-axi}$ et la fonction que nous avons à ordonner suivant les puissances de y est $\frac{1+y^2}{1-2ayi-y^2}$. Si, pour plus de simplicité, nous remplaçons a par $\cos\varphi$, il vient

$$\frac{1+y^2}{1-2iy\cos\varphi-y^2} = 1 + 2yi\cos\varphi - 2y^2\cos 2\varphi - 2y^3 i\cos 3\varphi + 2y^4\cos 4\varphi + \ldots .$$

et par suite on a

$$\cos(x\cos\varphi) = J_0(x) - 2\cos 2\varphi J_2(x) + 2\cos 4\varphi J_4(x) - \ldots , \qquad (19)$$

$$\sin(x\cos\varphi) = 2\cos\varphi J_1(x) - 2\cos 3\varphi J_3(x) + 2\cos 5\varphi J_5(x) - \ldots . \qquad (20)$$

3° Soit à développer une fonction entière en série de la forme

$$f(x) = a_0 J_0(x) + a_1 x J_1(x) + a_2 x^2 J_2(x) + \ldots ,$$

une condition évidemment nécessaire pour la possibilité de ce développement étant que $f(x)$ soit une fonction paire de la variable.

Prenons la réduite des deux membres, il vient

$$\sqrt{1+x^2}\,f_r(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n \frac{2n!}{2^n n!}\left(\frac{x^2}{1+x^2}\right)^n,$$

puis faisant la substitution

$$\frac{x^2}{1+x^2} = y \qquad x = \sqrt{\frac{y}{1-y}} \qquad \sqrt{1+x^2} = \sqrt{\frac{1}{1-y}},$$

on trouvera

$$\frac{1}{\sqrt{1-y}} f_r\left(\sqrt{\frac{y}{1-y}}\right) = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n \frac{2n!}{2^n n!}\, y^n \quad .$$

En développant donc le premier membre suivant les puissances de y, la comparaison fournira les valeurs cherchées $a_0, a_1, a_2, \ldots$ Par exemple, s'il s'agit de développer la fonction $\cos x$, suivant la forme indiquée, on observera que la réduite de $\cos x$ est $\frac{1}{1+x^2}$; il faut donc convertir en série la fonction $\sqrt{1-y}$, ce qui donne

$$a_0 = 1 \qquad a_1 = -\frac{1}{2} \cdots \qquad a_n = -\frac{1}{2.4.6\ldots 2n}\,\frac{1}{2n-1} \quad ,$$

et par suite

$$\cos x \quad J_0 - \frac{1}{2} x J_1 \quad \frac{1}{2.1} \frac{x^2 J_2}{3} \quad \frac{1}{2.4.6} \frac{x^3 J_3}{5} \quad \cdots \quad .$$

Soit, comme second exemple, à développer x^{2m}; la réduite est ici $2m!\,x^{2m}$ et la série auxiliaire

$$2m!\,\frac{y^m}{(1-y)^{m+\frac{1}{2}}} = 2m!\,y^m\left[1 + \frac{2m+1}{2}\,y\right.$$

$$\left. + \frac{(2m+1)(2m+3)}{2.4}\,y^2 + \frac{(2m+1)(2m+3)(2m+5)}{2.4.6}\,y^3 + \ldots\right],$$

d'où l'on conclut

$$\frac{x^{2m}}{2.4.6..2m} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{x^n}{2.4.6\ldots 2n} J_{m+n}(x) \quad .$$

4° La même méthode nous permet d'obtenir très commodément les relations

récurrentes entre les J et leurs dérivées. Par exemple, si l'on désigne pour un instant par j_n la réduite de J_n, autrement dit si l'on pose

$$j_n = \left(\frac{x}{1+\sqrt{1+x^2}}\right)^n \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} ,$$

on a

$$2j_n = x(j_{n-1} - j_{n+1}) \quad .$$

équation qui donne

$$2\frac{dJ_n}{dx} = J_{n-1} - J_{n+1} \quad . \tag{21}$$

Soit de même $l_n(x)$ la réduite $\frac{2n!}{2^n n!} \frac{x^{2n}}{(1+x^2)^{n+\frac{1}{2}}}$ de la fonction $x^n J_n(x)$, on a identiquement

$$\frac{1}{x^2} l_n(x) + l_n(x) = (2n-1) l_{n-1} \quad .$$

et l'on en tire

$$\frac{d^2}{dx^2}(x^n J_n) + x^n J_n = (2n-1) x^{n-1} J_{n-1} \quad .$$

En développant cette dernière équation et la réduisant par l'équation différentielle (16), on obtient la relation

$$J_{n-1} = \frac{dJ_n}{dx} + \frac{n}{x} J_n \quad . \tag{22}$$

Enfin en combinant entre elles les relations (21) et (22) on peut former de nouvelles récurrences plus ou moins simples auxquelles nous ne nous arrêterons pas: dans l'étude systématique que nous ferons des propriétés de la fonction φ_q au paragraphe suivant nous allons en effet retrouver ces relations sous leur forme à fois la plus la simple et la plus générale.

§ 5. La fonction $\varphi_q(x)$

Nous supposons ici q quelconque; toutefois dans les intégrales il sera souvent nécessaire d'admettre, pour la convergence, que la partie réelle de ce nombre est supérieure à — 1. Rappelons que la réduite de $\varphi_q(x)$ est égale à $x^q e^x$.

Première propriété. — On a $\varphi_q^r = x\varphi_{q-1}^r$, ainsi

$$\varphi_q'(x) = \varphi_{q-1}(x) \quad . \tag{23}$$

Deuxième propriété. — La réduite φ_q^r vérifie la relation

$$\varphi_{q+1}^r = x\frac{d}{dx}(\varphi_q^r) - q\varphi_q' \quad .$$

on a donc

$$\varphi_{q+1} = x\varphi_q' - q\varphi_q = x^{q+1}\frac{d}{dx}\left(\frac{\varphi}{x^q}\right) \quad . \tag{24}$$

Ces deux premières propriétés se vérifient sans difficulté sur le développement

$$\varphi_q(x) \qquad \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{x^{q+n}}{n!\,(q+n)!} \quad .$$

elles entraînent comme conséquence l'équation $\varphi_q = \frac{d}{dx}\left(x^{q+1}\frac{d}{dx}\left(\frac{\varphi}{x^q}\right)\right)$, laquelle ne diffère pas de l'équation différentielle pour φ_q vue précédemment.

Troisième propriété. — On a l'égalité

$$\int_0^x \varphi_q(az)\varphi_{q'}\big(a'(x-z)\big)\,dz \qquad \frac{a^q a'^{q'}}{(a+a')^{q+q'+1}}\varphi_{q+q'+1}\big((a+a')x\big). \tag{25}$$

En effet, les réduites des deux membres sont égales l'une et l'autre à la quantité $a^q a'^{q'} x^{q+q'+1} e^{(a+a')x}$. Si dans la relation générale (25) on fait $a = 1$, a' infiniment petit, et qu'on remplace q' par $n - 1$, on obtient, sous la réserve indiquée plus haut,

$$\varphi_{q+n} = \frac{1}{(n-1)!}\int_0^x \varphi_q(z)(x-z)^{n-1}\,dz \quad . \tag{26}$$

Si enfin nous observons que l'on a

$$\varphi_{\frac{1}{2}}(x) = \sum \frac{x^{n+\frac{1}{2}}}{n!(n+\frac{1}{2})!} = \frac{e^{2\sqrt{x}} - e^{-2\sqrt{x}}}{2\sqrt{\pi}}$$

et de même, $\varphi_{-\frac{1}{2}}(x) = \frac{e^{2\sqrt{x}} + e^{-2\sqrt{x}}}{2\sqrt{\pi x}}$, la formule précédente devient, quand on y

remplace encore q par $-\frac{1}{2}$ et n par $\mu+\frac{1}{2}$.

$$\sqrt{\pi}\left(\mu-\frac{1}{2}\right)!\varphi_\mu(x)=\int_0^{\pi} e^{2\sqrt{xz}}+e^{-2\sqrt{xz}}\over 2\sqrt{xz}}(x-z)^{\mu-\frac{1}{2}}dz$$

$$=x^\mu\int_{-1}^{+1}e^{2(1-t^2)x}(1-t^2)^{\mu-\frac{1}{2}}dt \quad , \qquad (27)$$

représentation intégrale de $\varphi_\mu(x)$, valable quel que soit le nombre $\mu>-\frac{1}{2}$.

Avant d'énumérer les propriétés qui nous restent à voir, appliquons les précédentes à quelques développements en série.

Soit à développer en série suivant les puissances de z la fonction $\frac{\varphi_q\left(x(1-z)\right)}{(1-z)^q}$; posons

$$\varphi_q\left(x(1-z)\right)=(1-z)^q\sum_{n=0}^{n=\infty}(-1)^n\frac{\Lambda_n z^n}{n!} \quad .$$

et pour déterminer le coefficient Λ_n, lequel est fonction de x, réduisons les deux membres par rapport à cette lettre; il vient

$$x^q(1-z)^q e^{x-xz}=(1-z)^q\sum_{n=0}^{n=\infty}(-1)^n\frac{\Lambda_n z^n}{n!} \quad ;$$

égalant alors les coefficients de z^n, on voit que $\Lambda_n=x^{n+q}e^x$ et $\Lambda_n=\varphi_{n+q}(x)$; ainsi

$$\varphi_q\left(x(1-z)\right)=(1-z)^q\sum_{0}^{n=\infty}\frac{(-1)^n}{n!}z^n\varphi_{q+n}(x) \quad .$$

Multiplions cette identité par $\varphi_p(yz)$ et intégrons de $z=0$ à $z=1$. En vertu de l'équation (25) le premier membre devient $\frac{x^q y^p}{(x+y)^{p+q+1}}\varphi_{p+q+1}(x+y)$.

Pour évaluer le second membre, observons que le coefficient de $\frac{(-1)^n}{n!}\varphi_{q+n}$ est égal à l'intégrale

$$\int_0^{z1}z^n(1-z)^q\varphi_p(yz)dz \quad ;$$

mais celle-ci est la $n^{ième}$ dérivée par rapport à y de cette autre

$$\int_0^1 (1-z)^q \varphi_{p+n}(yz)dz \quad .$$

laquelle à cause de l'équation (26) se réduit à $q!\,\frac{\varphi_{p+q+n+1}(y)}{y^{q+1}}$. On a donc la formule générale

$$x^q y^p \frac{\varphi_{p+q+1}(x+y)}{(x+y)^{p+q+1}} = q! \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{n!} \varphi_{q+n}(x) \frac{d^n}{dy^n}\left(\frac{\varphi_{p+q+n+1}(y)}{y^{q+1}}\right) \quad .$$

Quatrième propriété. — Toute expression de la forme $x^\nu \varphi_q$, dans laquelle ν est un entier positif quelconque, peut se développer en fonction linéaire à coefficients constants des quantités $\varphi_{q+\nu}$, $\varphi_{q+\nu+1}$, $\ldots \varphi_{q+2\nu}$; autrement dit, on a l'identité

$$x^\nu \varphi_q = a_{q+\nu}\varphi_{q+\nu} + a_{q+\nu+1}\varphi_{q+\nu+1} + \ldots a_{q+2\nu}\varphi_{q+2\nu} \qquad (28)$$

pour certaines valeurs des constantes a.

En effet, si dans cette identité présumée on prend les réduites des deux membres, on obtient

$$x^\nu \frac{d^\nu}{dx^\nu}(x^{q+\nu}e^x) = a_{q+\nu}x^{q+\nu}e^x + \ldots \quad + a_{q+2\nu}x^{q+2\nu}e^x \quad .$$

ce qui non seulement établit l'exactitude de la supposition, mais nous donne encore la valeur des coefficients $a_{q+\mu}$. On a

$$x^\nu \varphi_q(x) = \sum_{\mu=0}^{\mu=\nu} \frac{\nu(\nu-1)\ldots(\nu-\mu+1)}{1.2.3\ldots\mu}(q+\nu)(q+\nu-1)\ldots(q+\nu-\mu+1)\varphi_{q+2\nu-\mu} ;$$

ou encore

$$x^\nu \varphi_q(x) = \sum_{\mu=0}^{\mu=\nu} \frac{\nu(\nu-1)\ldots(\nu-\mu+1)}{1.2.3\ldots\mu}(q+\nu)(q+\nu-1)\ldots(q+\nu-\mu+1)\varphi_{q+2\nu-\mu} .$$

De cette formule on conclut que toute expression de la forme $F(x)\varphi_q(x)$, où $F(x)$ est un polynôme, peut s'intégrer à l'aide des fonctions φ de différents indices. Si l'on remarque en outre que l'intégration par parties permet de ramener l'intégration de $\frac{\varphi_q(x)}{(x-a)^n}$ à celle de $\frac{\varphi_{q-n}(x)}{x-a}$, on voit qu'en intégrant $F(x)\varphi_q(x)$, $F(x)$ représen-

tant maintenant une fonction rationnelle, on n'aura pas d'autres transcendantes à introduire que φ_q lui-même et $\int \frac{\varphi_q(x)}{x-a}dx$; cette dernière intégrale peut même être calculée par la formule (24) si $a=0$ et que q soit un nombre entier.

Cinquième propriété. — Du mode de raisonnement employé ci-dessus résulte évidemment qu'il ne peut exister aucune identité de la forme

$$c\varphi_q + c'\varphi_{q'} + c''\varphi_{q''} + \dots \quad c^n\varphi_{q^n} = 0 \ .$$

les c étant constants. Mais nous allons prouver qu'il ne saurait non plus exister de relation de la forme

$$P\varphi_q + P'\varphi_{q'} = R \ , \tag{29}$$

P, P', R, représentant trois polynômes, excepté si $P = P' = R = 0$. En effet, si l'on réduit la relation supposée, on voit qu'il en résulte une autre de la forme

$$x^q e^x Q + x^{q'} e^x Q' = S \ .$$

Q, Q' et S étant trois polynômes dont le dernier n'est autre que la réduite de R. Or cette équation entraîne $x^q Q + x^{q'} Q' = 0$ et en outre $R = S = 0$. Ainsi pour la possibilité de (29), il faut d'abord que R soit nul ; en second lieu, l'équation $x^q Q + x^{q'} Q' = 0$ nous montre que la différence $q' - q$ doit être entière et, disons positive $= n$. Mais on verra tout à l'heure que φ_{q+n} peut être mis sous la forme $A\varphi_q + B\varphi_{q+1}$, A et B étant encore deux polynômes : ainsi la relation supposée doit s'écrire

$$P\varphi_q = P'\varphi_{q+1} \ .$$

Or si l'on suppose P du degré p, P' du degré p', puis que dans la précédente équation on remplace les termes de la forme $x^r\varphi_q$ et $x^{r'}\varphi_{q+1}$ par leurs expressions (28), on voit que le plus grand indice de φ est $q+2p$ à gauche, $q+2p'+1$ à droite du signe $=$; ces indices ne peuvent donc être égaux, ce qui prouve l'impossibilité de l'équation (29).

Nous allons voir au contraire qu'il peut exister des relations de la forme

$$P\varphi_q + P'\varphi_{q'} + P''\varphi_{q''} + \dots = 0 \ .$$

P, P', P'' étant certains polynômes, lorsque les différences $q'-q$, $q''-q$.... sont entières.

Sixième propriété. — Dans les relations

$$x^{\nu}\varphi_q = a_{q+\nu}\varphi_{q+\nu} + \dots + a_{q+2\nu}\varphi_{q+2\nu}$$

$$x^{\nu}\varphi_{q-1} = b_{q+\nu-1}\varphi_{q+\nu-1} + \dots + b_{q+2\nu-1}\varphi_{q+2\nu-1} \,.$$

faisons $\nu = 1$, $\nu = 2, \dots$ $\nu = n$; on obtient $2n$ équations contenant outre φ_q et φ_{q-1} les $2n$ inconnues φ_{q+1}, φ_{q+2}, $\dots \varphi_{q+2n}$, il est clair que ces équations sont toujours résolubles et qu'on en déduira φ_{q+n} sous la forme

$$\varphi_{q+n} = (-1)^n (A_n\varphi_q - B_n\varphi_{q-1}) \;; \tag{30}$$

A_n et B_n désignent deux polynômes dont le degré est égal au plus grand entier contenu dans $\frac{n}{2}$. Les autres formes de φ_{q+n}, tirées des équations (24) et (26) méritent d'être rapprochées de la précédente; ce sont

$$\varphi_{q+n} = x^{q+n}\left(\frac{d}{dx}\right)^n\left(\frac{\varphi}{x^q}\right) \,, \tag{31}$$

et

$$\varphi_{q+n} = \frac{1}{(n-1)!}\int_0^x \varphi_q(z)(x-z)^{n-1}dz \,. \tag{32}$$

En remplaçant dans l'identité

$$\varphi_{q+n+1} = x^{q+n+1}\frac{d}{dx}\left(\frac{\varphi_{q+n}}{x^{q+n}}\right) = x\varphi_{q+n-1} - (q+n)\varphi_{q+n} \,,$$

φ_{q+n-1}, φ_{q+n}, φ_{q+n+1} par leurs valeurs tirées de (30), on obtient une relation linéaire à coefficients polynômes entre φ_q et φ_{q-1}. Elle doit se réduire à une identité ; l'on tire de cette remarque les équations

$$A_{n+1} = (n+q)A_n + xA_{n-1} \tag{33}$$

$$B_{n+1} = (n+q)B_n + xB_{n-1} \,, \tag{34}$$

qui, jointes aux valeurs initiales $A_0 = 1$, $A_1 = q$, et $B_0 = 0$, $B_1 = x$, nous montrent que ces polynômes A_n et B_n sont le numérateur et le dénominateur des réduites de la fraction continue

$$\cfrac{x}{q + \cfrac{x}{q+1 + \cfrac{x}{q+2 + \dots}}} \,. \tag{30}$$

Il est d'ailleurs évident que φ_{q+n} tend vers zéro, quel que soit x, pour n indéfiniment croissant ; on aura donc aussi $\lim(A_n\varphi - B_n\varphi') = 0$, d'où résulte que la dite fraction continue a pour limite le quotient $\frac{\varphi}{\varphi'}$.

Soient maintenant trois fonctions φ_{q+l}, φ_{q+m}, φ_{q+n}, les nombres l, m, n étant entiers et positifs ; je dis qu'il existe entre ces fonctions une relation homogène et linéaire à coefficients polynômes. On trouvera celle-ci en éliminant φ_q et φ_{q-1}, ou φ_q', entre les trois relations.

$$\varphi_{q+l} = (-1)^l (A_l\varphi - B_l\varphi') ,$$
$$\varphi_{q+m} = (-1)^m (A_m\varphi - B_m\varphi') ,$$
$$\varphi_{q+n} = (-1)^n (A_n\varphi - B_n\varphi') ,$$

ce qui donne

$$(-1)^l (A_m B_n - A_n B_m)\varphi_{q+l} + (-1)^m (A_n B_l - A_l B_n)\varphi_{q+m} + (-1)^n (A_l B_m - A_m B_l)\varphi_{q+n} = 0 .$$

Mais ce n'est point la forme la plus simple de cette équation à trois termes : il va en effet résulter de l'étude que nous allons faire des propriétés les plus élémentaires de ces polynômes que les trois déterminants peuvent revêtir une forme plus concise.

Propriétés des polynômes A_n *et* B_n. — Commençons par l'observation suivante. L'équation (30) n'est qu'une conséquence de (31) lorsqu'on remplace au second membre de celle-ci les dérivées φ_q'', φ_q''',... par leurs valeurs tirées de l'équation différentielle (18). Or si l'on nomme ζ_q la seconde solution de cette équation différentielle, on a, comme il est facile de le voir, $\zeta_q = x^{-q}\varphi_{-q}(x)$ et l'on conclut de suite la relation $\zeta_{q+1} = x^{q+1}\frac{d}{dx}\left(\frac{\zeta_q}{x^q}\right)$, ou $\zeta_{q+n} = x^{q+n}\left(\frac{d}{dx}\right)^n\left(\frac{\zeta_q}{x^q}\right)$, analogue à (31). On aura donc aussi, par la remarque précédente

$$\zeta_{q+n} = (-1)^n (A_n\zeta_q - B_n\zeta_q') . \qquad (35)$$

D'autre part, puisque φ_q et ζ_q sont solutions de l'équation différentielle (18) on aura

$$\zeta_{q-1}\varphi_q - \varphi_{q-1}\zeta_q = A_{q-1} .$$

A étant une constante dont la valeur se trouve égale à

$$\frac{1}{(q-1)!(-q)!} = \frac{\sin\pi q}{\pi} .$$

Ainsi en résolvant les relations (30) et (35) par rapport à A_n et B_n et tenant compte de la précédente on obtient

$$(-1)^n x^{q-1} A_n = \frac{\pi}{\sin\pi q}(\varphi_{q+n}\varphi_q' - \varphi_{q+n}'\varphi_q) .$$

$$(-1)^n x^{q-1} B_n = \frac{\pi}{\sin\pi q}(\varphi_{q+n}\varphi_q - \varphi_{q+n}\varphi_q) .$$

équations qui peuvent servir de définition aux polynômes A_n et B_n et montrent qu'étant données deux équations différentielles analogues à (18) dont les paramètres q diffèrent d'un nombre entier, il existe toujours des combinaisons bilinéaires de leurs intégrales qui, au facteur x^{q-1} près, sont des polynômes.

Désignons maintenant nos polynômes A_n et B_n par les notations plus complètes $A_n(x,q)$, $B_n(x,q)$, ou simplement $A_n(q)$, $B_n(q)$, lorsque la variable x est maintenue constante; soit encore, pour un instant, $\boldsymbol{A}_n$ et $\boldsymbol{B}_n$ les polynômes $A_n(q+m)$ et $B_n(q+m)$ on a

$$\varphi_{q+m+n} = (-1)^{m+n}(A_{m+n}\varphi_q - B_{m+n}\varphi_q') .$$

$$\varphi_{q+m+n} = (-1)^n \quad (\boldsymbol{A}_n\varphi_{q+m} - \boldsymbol{B}_n\varphi_{q+m}') .$$

Si dans la seconde de ces formules on remplace φ_{q+m} et φ'_{q+m} par leurs valeurs en φ_q et φ_{q-1}, ainsi

$$\varphi_{q+m} = (-1)^m(A_m\varphi_q - B_m\varphi_q') \text{ et } \varphi_{q+m}' = (-1)^{m-1}(A_{m-1}\varphi_q - B_{m-1}\varphi_q') ,$$

en identifiant les deux résultats nous aurons

$$A_{m+n} = A_m\boldsymbol{A}_n + A_{m-1}\boldsymbol{B}_n .$$

$$B_{m+n} = B_m\boldsymbol{A}_n + B_{m-1}\boldsymbol{B}_n .$$

ou, en revenant aux notations développées,

$$\left.\begin{aligned} A_{m+n}(q) &= A_m(q)A_n(q+m) + A_{m-1}(q)B_n(q+m) \\ B_{m+n}(q) &= B_m(q)A_n(q+m) + B_{m-1}(q)B_n(q+m) \end{aligned}\right\} (36)$$

Si dans la seconde de ces formules nous faisons $m = 1$ et que nous remplacions n par $n - 1$, il vient

$$B_n(x,q) = xA_{n-1}(x,q+1) .$$

relation qui ramène le polynôme B au polynôme A: par son moyen, les deux équations précédentes se réduisent à une seule qui peut s'écrire ainsi

$$A_{m+n}(q) = A_m(q)A_n(q+m) + xA_{m-1}(q)A_{n-1}(q+m+1) . \qquad (37)$$

Par exemple, en faisant $m = 1$, il vient

$$A_{n+1}(q) = qA_n(q+1) + xA_{n-1}(q+2) . \qquad (38)$$

Les polynômes A_{-1}, A_{-2}, A_{-3} etc., d'indices négatifs, peuvent être définis à l'aide de l'équation récurrente (33). On peut remarquer l'identité

$$x^{n-1}A_{-n}(q) = (-1)^n A_{n-2}(q-n+1) ,$$

qui se vérifie immédiatement pour $n = 2$ et $n = 3$, et qui est générale puisqu'elle transforme la récurrence d'indices négatifs

$$A_{-n+1} = (q-n)A_{-n} + xA_{-n-1}$$

en la récurrence (38) d'indices positifs. On montrera d'ailleurs sans peine que la relation (37) est valable généralement, c'est-à-dire quels que soient les nombres m et n positifs ou négatifs.

Reprenons maintenant les formules (36) qui donnent par leur combinaison

$$(A_{m+n}B_m - A_mB_{m+n}) = x(A_{m-1}B_m - A_mB_{m-1})A_{n-1}(q+m+1) ,$$

d'où l'on tire d'abord en faisant $n = 1$.

$$A_mB_{m-1} - A_{m-1}B_m = (-x)^m ,$$

puis

$$A_{m+n}B_m - A_mB_{m+n} = (-x)^{m+1}A_{n-1}(q+m+1) ,$$

puis d'une manière générale

$$\begin{aligned} A_\mu B_\nu - A_\nu B_\mu &= (-x)^{\nu+1}A_{\mu-\nu-1}(q+\nu+1) \\ &= -(-x)^{\mu+1}A_{\nu-\mu-1}(q+\mu+1) , \end{aligned}$$

(33)

ce qui nous permet enfin d'écrire la relation à trois termes sous la forme

$$(-x)^{n+l}\mathrm{A}_{m-n-1}(q+n+1)\varphi_{q+l}+(-x)^{l+m}\mathrm{A}_{n-l-1}(q+l+1)\varphi_{q+m}$$
$$+(-x)^{m+n}\mathrm{A}_{l-m-1}(q+m+1)\varphi_{q+n}=0.$$

Terminons enfin en cherchant le développement du polynôme A_n suivant les puissances de x; différentions à cet effet l'identité

$$\varphi_{q+n}=(-1)^n(\mathrm{A}_n\varphi-\mathrm{B}_n\varphi')\ ,$$

et remplaçons φ'_{q+n} par sa valeur $(-1)^{n-1}(\mathrm{A}_{n-1}\varphi-\mathrm{B}_{n-1}\varphi')$ et φ'' par son expression tirée de l'équation différentielle (18). Il vient, en égalant à zéro dans le résultat les coefficients de φ et φ', l'égalité

$$\frac{d\mathrm{A}_n}{dx}+\mathrm{A}_{n-1}=\frac{1}{x}\mathrm{B}_n=\mathrm{A}_{n-1}(q+1)\ ,$$

ou, comme nous écrirons plutôt

$$\mathrm{A}'_n=\mathrm{A}_{n-1}(q+1)-\mathrm{A}_{n-1}(q)\ ,$$

équation d'où l'on tire facilement le développement cherché. Posant en effet

$$\mathrm{A}_n(x,q)=\gamma_0+\gamma_1x+\gamma_2x^2+\dots\ ,$$

on observera que la récurrence (33) donne, dans le cas $x=0$,

$$\gamma_0=q(q+1)\dots(q+n-1),$$

puis l'équation précédente en égalant dans les deux membres les termes indépendants de x

$$\gamma_1=(q+1)\dots(q+n-2)\,\frac{n-1}{1}\ .$$

En égalant de même les termes en x, $x^2\dots$, on trouve

$$\gamma_2=(q+2)\dots(q+n-3)\,\frac{(n-2)(n-3)}{1.2}\ ,$$

et généralement

$$\gamma_\lambda=(q+\lambda)\dots(q+n-\lambda-1)\,\frac{(n-\lambda)(n-\lambda-1)\dots(n-2\lambda+1)}{1.2.3\dots\lambda}\ .$$

d'où résulte enfin pour le polynôme A_n l'expression

$$A_n(x,q) = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=N} \frac{(n-\lambda)\ldots(n-2\lambda+1)}{1.2.3\ldots\lambda}(q+\lambda)(q+\lambda+1)\ldots(q+n-\lambda-1)x^{\lambda},$$

N représentant le plus grand entier contenu dans le nombre $\frac{n}{2}$.

Valeurs asymptotiques. — Ce serait ici le lieu d'établir les valeurs asymptotiques de $\varphi_\mu(x)$ et $J_\mu(x)$ lorsque x s'éloigne à l'infini dans une direction quelconque. La forme très remarquable de cette valeur asymptotique constitue une des propriétés les plus utiles de la fonction J_μ, mettant par exemple en évidence, pour x positif, le caractère oscillatoire de cette fonction et l'existence d'une infinité de racines. Mais notre exposition ne simplifie en aucune façon cette théorie, nous nous contenterons donc de rechercher la valeur asymptotique de $\varphi_\mu(x)$ pour x très grand et positif, cette valeur devant être employée plus loin.

Partons à cet effet de l'intégrale (27)

$$\sqrt{\pi}(\mu-\tfrac{1}{2})!\,\varphi_\mu(x) = x^{\mu}\int_{-1}^{+1} e^{2t\sqrt{x}}(1-t^2)^{\mu-\frac{1}{2}}dt\,, \qquad \mu > -\frac{1}{2}$$

et remplaçons la variable t par une nouvelle variable z, soit

$$2\sqrt{x}(1-t) = z \qquad \text{ou} \qquad 2\sqrt{x}(1+t) = 4\sqrt{x} - z\,,$$

ce qui transforme le second membre en

$$e^{2\sqrt{x}}\,x^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}\int_0^{4\sqrt{x}} e^{-z}z^{\mu-\frac{1}{2}}\left(1-\frac{z}{4\sqrt{x}}\right)^{\mu-\frac{1}{2}}dz\,.$$

On tire de là

$$\varphi_\mu(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}\,e^{2\sqrt{x}}\,x^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}\Phi_\mu(x)\,; \tag{39}$$

$\Phi_\mu(x)$ étant égal à

$$\frac{1}{(\mu-\frac{1}{2})!}\int_0^{4\sqrt{x}} e^{-z}z^{\mu-\frac{1}{2}}\left(1-\frac{z}{4\sqrt{x}}\right)^{\mu-\frac{1}{2}}dz\,,$$

reste fini quel que soit x et tend vers l'unité à mesure que x augmente. En effet, si pour abréger on pose

$$e^{-z}z^{\mu-\frac{1}{2}}\left(1-\frac{z}{4\sqrt{x}}\right)^{\mu-\frac{1}{2}} = f(z)\,.$$

puis $4\sqrt{x} = a$, enfin

$$I = \int_0^{\theta} f(z)dz \qquad I' = \int_0^{\theta'} f(z)dz \qquad I'' = \int_{\sqrt{a}}^{\theta''} f(z)dz \ .$$

d'où $I = I' + I''$, on remarquera que, θ' et θ'' représentant encore deux indéterminées dont la première est inférieure et la seconde supérieure à $\sqrt{a}$,

$$I' < (1 - \frac{\theta'}{a})^{\mu - \frac{1}{2}} \int_0^{\theta'} e^{-z} z^{\mu - \frac{1}{2}} dz \ ,$$

$$I'' < e^{-\theta''} \int_0^{\theta''} z^{\mu - \frac{1}{2}} (1 - \frac{z}{a})^{\mu - \frac{1}{2}} dz = a^{\mu + \frac{1}{2}} e^{-\theta''} \frac{\left((\mu - \frac{1}{2})!\right)^2}{(2\mu)!} \ ;$$

de ces équations on tire $\lim I' = (\mu - \frac{1}{2})!$, $\lim I'' = 0$, et enfin $\lim \Phi_\mu(x) = 1$ a ou x augmentant à l'infini.

Le cas $\mu = -\frac{1}{2}$ est excepté de cette démonstration, mais le résultat est encore exact, car $\varphi_{-\frac{1}{2}}(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi x}} e^{2\sqrt{x}} (1 + e^{-4\sqrt{x}})$; ici $\Phi_{-\frac{1}{2}}(x) = 1 + e^{-4\sqrt{x}}$ et sa limite est bien l'unité quand x augmente à l'infini.

§ 6. Sur une intégrale définie et sur certains polynômes.

Soit toujours $\varphi_\mu(x)$ la fonction dont la réduite est $x^\mu e^x$, l'intégrale définie dont il s'agit est la suivante

$$\int_0^{\infty} e^{-z} \varphi_\mu(xz) \varphi_\mu(yz) \frac{dz}{z^\mu} \ .$$

dont nous nous proposons de trouver la valeur ; il résulte évidemment des remarques de la page (300) que cette intégrale existe quelles que soient les valeurs réelles ou imaginaires des variables x et y, à condition toutefois que μ ait sa partie réelle plus grande que (— 1). En outre, pour trouver cette intégrale, on peut remplacer $\varphi_\mu(xz)$ et $\varphi_\mu(yz)$ par leurs développements en série et intégrer le produit $e^{-z}\varphi_\mu(xz)\varphi_\mu(yz)\frac{1}{z^\mu}$ terme par terme.

Prenons la réduite de notre intégrale simultanément par rapport à x et à y, on obtient

$$x^\mu y^\mu \int_0^\infty e^{-z(1-x-y)} z^\mu dz \qquad \text{ou} \qquad \mu! \frac{x^\mu y^\mu}{(1-x-y)^{\mu+1}} .$$

Il suffit donc de développer la fonction qu'on vient de trouver suivant les puissances de x et de y, puis de remplacer dans le développement un terme quelconque comme $ax^\alpha y^\beta$ par $\frac{ax^\alpha y^\beta}{\alpha!\beta!}$. Mais on peut observer que le résultat sera $e^{x+y}\varphi_\mu(xy)$, cette fonction admettant pour réduite en y l'expression

$$\frac{x^\mu y^\mu}{(1-y)^{\mu+1}} e^x \cdot e^{\frac{xy}{1-y}} \qquad \text{ou} \qquad \frac{x^\mu y^\mu}{(1-y)^{\mu+1}} e^{\frac{x}{1-y}} .$$

dont la réduite en x est égale à son tour à

$$\mu! \frac{x^\mu y^\mu}{(1-y)^{\mu+1}} \cdot \frac{1}{(1-y)^{\mu+1}} = \mu! \frac{x^\mu y^\mu}{(1-x-y)^{\mu+1}}$$

Ainsi donc

$$\int_0^\infty e^{-z} \varphi_\mu(xz)\varphi_\mu(yz) \frac{dz}{z^\mu} = e^{x+y}\varphi_\mu(xy) . \tag{40}$$

Ce n'est pas sous cette forme que nous aurons besoin de cette intégrale dans la suite. Désignons par $\frac{\psi_\mu(x)}{x^\mu}$ le résultat de la substitution de $-x$ à x dans la fonction holomorphe $\frac{\varphi_\mu(x)}{x^\mu}$; autrement dit, posons avec alternance des signes

$$\psi_\mu(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n x^{\mu+n}}{n!(\mu+n)!} .$$

il est clair qu'on aura aussi

$$\int_0^\infty e^{-z} \psi_\mu(xz)\psi_\mu(yz) \frac{dz}{z^\mu} = e^{-x-y}\varphi_\mu(xy) , \tag{41}$$

formule qui peut s'écrire, eu égard aux relations existant entre $\varphi_\mu(x)$, $\psi_\mu(x)$, $J_\mu(x)$, sous la forme

$$\int_0^\infty e^{-z^2} z J_n(az) J_n(bz) dz = \frac{i^n e^{\frac{a^2+b^2}{4}}}{2} J_n\left(\frac{ab}{2i}\right), \tag{42}$$

intégrale dont nous allons déduire une importante conséquence connue, depuis Heine, sous le nom de formule d'addition de la fonction $J_0(x)$.

Nous avons démontré plus haut l'identité

$$e^{ix\cos\varphi} = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n i^n \cos n\varphi J_n(x) \quad ,$$

avec $a_0 = 1$ et $a_n = 2$ pour $n > 0$. Si l'on y remplace la lettre x par $\frac{ab}{2i}$ et qu'on multiplie par $e^{\frac{a^2+b^2}{4}}$, il vient

$$e^{\frac{a^2+b^2-2ab\cos\varphi}{4}} = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n \cos n\varphi i^n e^{-\frac{a^2+b^2}{4}} J_n\left(\frac{ab}{2i}\right) \cdot \tag{43}$$

Or si dans l'identité (42) on fait $n = 0$ et $b = 0$, on obtient cette autre

$$\int_0^\infty e^{-z^2} z J_0(az) dz = \frac{1}{2} e^{\frac{a^2}{4}}$$

qui montre que le premier membre de l'équation (43) peut s'écrire

$$2\int_0^\infty e^{-z^2} z J_0(z\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\varphi}) dz \quad .$$

Quant au second, en observant qu'ici les signes $\int$ et $\sum$ peuvent s'intervertir sans difficulté, il prend la forme

$$2\int_0^\infty e^{-z^2} z dz \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n \cos n\varphi J_n(az) J_n(bz) \quad .$$

Ainsi, si l'on fait

$$f(z) = J_0(z\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\varphi}) - \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n \cos n\varphi J_n(az) J_n(bz) \quad ,$$

cette fonction $f(z)$ rend nulle l'intégrale $\int_0^{\infty} e^{-z^2} z f(z) dz$. Mais il est clair que $f(z)$ est holomorphe et telle en outre qu'en lui supposant la forme $f(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \ldots$ on peut dans l'intégrale précédente intégrer terme par terme. Ainsi tous les c sont nuls et l'on a $f(z) = 0$, ou identiquement

$$J_0(\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\varphi}) = J_0(a)J_0(b) + 2J_1(a)J_1(b)\cos\varphi + 2J_2(a)J_2(b)\cos 2\varphi + \ldots \tag{44}$$

ce qui constitue le théorème d'addition.

L'intégrale (41) va jouer un rôle important au paragraphe suivant; nous voulons en ce moment l'appliquer à l'étude de certains polynômes que leurs propriétés rattachent d'une manière fort étroite aux fonctions de Bessel et dont un cas particulier a fait l'objet d'un beau travail de Laguerre[1].

Développons suivant les puissances de x la fonction $e^x \psi_\mu(xz)$ en posant

$$e^x \psi_\mu(xz) = x^\mu z^\mu \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{x^n G_{n,\mu}(z)}{n!(n+\mu)!}. \tag{45}$$

Pour déterminer la fonction $G_{n,\mu}(z)$ nous réduirons les deux membres de la précédente relation par rapport à z; pour le premier nous trouvons

$$x^\mu z^\mu e^{x(1-z)} \qquad \text{ou} \qquad x^\mu z^\mu \sum \frac{x^n (1-z)^n}{n!}.$$

En lui égalant la réduite du second membre, on voit que la réduite de la fonction $z^\mu G_{n,\mu}(z)$ est égale à $(n+\mu)!\, z^\mu (1-z)^n$. Voici donc la valeur du polynôme $G_{n,\mu}(z)$

$$G_{n,\mu}(z) = (n+\mu)! \left[\frac{1}{\mu!} - n \frac{z}{(\mu+1)!} + \frac{n(n-1)}{1.2} \frac{z^2}{(\mu+2)!} \ldots + \frac{z^n}{(\mu+n)!} \right].$$

D'autre part si l'on réduisait la même équation (45) par rapport à x il viendrait

$$\frac{e^{-\frac{z}{1-x}}}{(1-x)^{\mu+1}} = \sum_0^{n=\infty} \frac{x^n}{n!} G_{n,\mu}(z) \tag{46}$$

[1] LAGUERRE. *Œuvres* Tome I, p. 428-437.

équation qui peut aussi servir de définition au polynôme $G_{n,\mu}$; la forme de ce dernier fait voir que

$$\psi_\mu(z) = z^\mu \lim_{n=\infty} \frac{1}{(n+\mu)!} G_{n,\mu}\left(\frac{z}{n}\right) \quad .$$

Reprenons l'intégrale (41) ; faisons passer les facteurs e^x et e^y à gauche du signe $=$, remplaçons $e^x\psi_\mu(xz)$ et $e^y\psi_\mu(yz)$ par leurs développements (45), nous trouvons, en égalant à $\psi_\mu(xy)$ le résultat de l'intégration terme à terme, les identités

$$\int_0^\infty e^{-} \; G_{n,\mu}(z)G_{m,\mu}(z)z^\mu dz = 0 \quad , \qquad \text{si } n \neq m$$

$$\int_0^\infty e^{-z} G^2_{n,\mu}(z)\, z^\mu dz = n!(n+\mu)! \quad , \qquad \text{si } n = m$$

et de là on tire par la méthode connue cette conséquence, que μ étant supposé réel, le polynôme $G_{n,\mu}(z)$ a toutes ses racines réelles et positives. En outre les relations précédentes peuvent servir à trouver les coefficients a_n du développement d'une fonction quelconque $g(z)$ suivant les polynômes $G_{n,\mu}(z)$, ainsi

$$g(z) = a_0 G_{0,\mu}(z) + a_1 G_{1,\mu}(z) + \ldots \quad ,$$

lorsque la possibilité d'un pareil développement a été démontrée d'autre part. Par exemple, s'il s'agit de la fonction $g(z) = \psi_\mu(xz)\dfrac{e^x}{z^\mu}$, pour laquelle cette possibilité est évidente puisqu'elle résulte de la formule (45), on trouve l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-z}\psi_\mu(xz)G_{n,\mu}(z)dz = x^\mu(x^n e^{-x}) \quad , \tag{47}$$

tandis qu'en prenant la formule (41) et développant les deux membres suivant les puissances de y, on obtient par comparaison

$$\int_0^\infty e^{-z}\psi_\mu(xz)z^n dz = x^\mu G_{n,\mu} e^{-x} \quad . \tag{48}$$

Enfin si l'on rapproche l'une de l'autre ces formules (47) et (48) on voit que l'on peut, d'une infinité de manières, déterminer les fonctions $f(x)$ et $g(x)$ de sorte que l'identité

$$\int_0^\infty f(z)\psi_\mu(xz)dz = x^\mu g(x)$$

entraîne cette autre

$$\int_0^\infty g(z)\psi_\mu(xz)dz = x^\mu f(x) \quad .$$

Il suffira par exemple de prendre

$$f(z) = e^{-z}(a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots) \quad .$$

et

$$g(z) = e^{-z}(a_0 \mathrm{G}_{0,\mu} + a_1 \mathrm{G}_{1,\mu} + a_2 \mathrm{G}_{2,\mu} + \ldots) \quad .$$

Ce théorème d'inversion sera démontré plus loin d'une manière générale.

Il existe entre les polynômes $\mathrm{G}_{n,\mu}$ d'indices différents un grand nombre de relations récurrentes qu'on peut facilement établir en partant des formules précédentes.

En différentiant l'équation (45) successivement par rapport à z et à x, remplaçant ψ'_μ par $\psi_{\mu-1}$ et les deux membres par leurs développements, on obtient d'abord .

$$z\mathrm{G}'_{n,\mu} + \mu\mathrm{G}_{n,\mu} = (n+\mu)\mathrm{G}_{n,\mu-1} \quad , \tag{49}$$

puis

$$n\mathrm{G}_{n-1,\mu} + \mathrm{G}_{n,\mu-1} = \mathrm{G}_{n,\mu} \quad . \tag{50}$$

Exécutons les mêmes opérations sur l'équation (46), il vient

$$\mathrm{G}'_{n,\mu} + n\mathrm{G}_{n-1,\mu+1} = 0 \quad , \tag{51}$$

$$\mathrm{G}_{n+1,\mu} + z\mathrm{G}_{n,\mu+2} = (\mu+1)\mathrm{G}_{n,\mu+1} \quad . \tag{52}$$

Eliminons encore $\mathrm{G}'_{n,\mu}$ entre les deux premières équations des groupes précédents, nous aurons

$$(n+\mu)\mathrm{G}_{n,\mu-1} - \mu\mathrm{G}_{n,\mu} + nz\mathrm{G}_{n-1,\mu+1} = 0 \quad ,$$

équation qui, jointe aux deux dernières des groupes précédents, forme trois récurrences entre les $\mathrm{G}_{n,\mu}$. Mais celles-ci se réduisent seulement à deux distinctes, comme on le voit aisément, et nous écrirons le système de ces récurrences ainsi

$$n\mathrm{G}_{n-1,\mu} + \mathrm{G}_{n,\mu-1} = \mathrm{G}_{n,\mu} \quad , \tag{53}$$

$$z\mathrm{G}_{n-1,\mu+1} + \mathrm{G}_{n,\mu} = (n+\mu)\mathrm{G}_{n-1,\mu} \quad , \tag{54}$$

d'où résulte que tout polynôme $G_{n,\mu}$ s'exprime linéairement en fonction de deux autres quelconques déterminés $G_{n',\mu'}$ et $G_{n'',\mu''}$, (les coefficients de cette relation linéaire étant aussi des polynômes) pourvu que les différences $\mu' - \mu$ et $\mu''' - \mu$ soient des nombres entiers.

S'il s'agit par exemple de former la récurrence entre $G_{n-1,\mu}$, $G_{n,\mu}$, $G_{n+1,\mu}$, nous dirigerons le calcul comme suit. Par l'équation (53) nous exprimons $G_{n-1,\mu}$ en fonction du couple $G_{n,\mu}$, $G_{n,\mu-1}$, puis nous passerons du couple $G_{n,\mu}$, $G_{n,\mu-1}$ au couple $G_{n,\mu}$, $G_{n+1,\mu-1}$ par l'intermédiaire de l'équation (54), où l'on aura au préalable remplacé n par $n+1$ et μ par $\mu - 1$; enfin nous passerons du couple $G_{n,\mu}$, $G_{n+1,\mu-1}$, au couple $G_{n,\mu}$, $G_{n+1,\mu}$ à l'aide de l'équation (53) où n aura été remplacé par $n+1$, μ restant le même. On trouve ainsi

$$G_{n+1,\mu} = (2n + \mu + 1 - z)G_{n,\mu} - n(n+\mu)G_{n-1,\mu} . \qquad (55)$$

Par des procédés analogues on obtient la récurrence entre $G_{n,\mu-1}$, $G_{n,\mu}$, $G_{n,\mu+1}$ sous la forme

$$zG_{n,\mu+1} = (z+\mu)G_{n,\mu} - (n+\mu)G_{n,\mu-1} . \qquad (56)$$

Le polynôme $G_{n,\mu}$ vérifie une équation différentielle linéaire du second ordre que nous pouvons obtenir comme il suit.

Différentions l'équation (49) et remplaçons $G'_{n,\mu-1}$ par sa valeur tirée de (51) savoir $-nG_{n-1,\mu}$, il vient

$$zG''_{n,\mu} + (\mu+1)G'_{n,\mu} = -n(n+\mu)G_{n-1,\mu} \quad ; \qquad (57)$$

substituant dans l'équation (54) $G_{n-1,\mu+1}$ tiré de (51) et $G_{n-1,\mu}$ tiré de (57), on arrive à l'équation différentielle

$$zG''_{n,\mu} + (\mu + 1 \quad z)G'_{n,\mu} + nG_{n,\mu} = 0 \quad , \qquad (58)$$

et celle-ci, dérivée n fois, donne

$$zG^{(n+2)}_{n,\mu} + (\mu + n + 1 - z)G^{(n+1)}_{n,\mu} = 0 \quad .$$

d'où résulte pour la seconde solution de l'équation différentielle précédente, l'expression

$$u \int_{-\infty}^{z} \frac{e^z(x-z)^n dz}{z^{\mu+n+1}} .$$

En appliquant maintenant la méthode de Laguerre *(loc. cit.)*, on peut encore écrire

$$u = \varphi(x)\frac{e^x}{x^\mu} - f(x)\int_x^\infty \frac{e^z dz}{z^{\mu+1}} \quad .$$

$\varphi(x)$ et $f(x)$ désignant deux polynômes. Si l'on substitue cette dernière valeur dans l'équation différentielle (58), il est clair que le coefficient de l'intégrale $\int^\infty$ doit être nul, ce qui prouve que le polynôme $f(x)$ ne diffère de $G_{n,\mu}(x)$ que par un facteur constant.

Enfin, en posant par l'intégration par parties

$$\int_x^\infty \frac{e^z dz}{z^{\mu+1}} = \frac{e^x}{x^\mu}\left(\frac{1}{x} - \frac{\mu+1}{x^2} + \frac{(\mu+1)(\mu+2)}{x^3} - \dots \pm \frac{(\mu+1)\dots(\mu+n)}{x^{n+1}}\right)$$

$$\mp(\mu+1)(\mu+2)\dots(\mu+n)\int_x^\infty \frac{e^z dz}{z^{\mu+n+1}} \quad ,$$

on démontrera sans peine que le quotient $\frac{\varphi(x)}{f(x)}$ est égal, à une constante près, à la réduite de la série divergente

$$\frac{1}{x} - \frac{\mu+1}{x^2} + \frac{(\mu+1)(\mu+2)}{x^3} - \dots \quad .$$

convertie en fraction continue convergente. Le cas traité par Laguerre correspond à la valeur $\mu = 0$.

Il faut d'ailleurs observer que les calculs précédents n'auront un sens bien défini qu'une fois fixé avec précision le sens de l'expression $x^{\mu+1}$, x étant négatif et μ ordinairement fractionnaire; au point de vue numérique, il vaudrait donc mieux considérer l'intégrale $\int_x^\infty \frac{e^{-z}dz}{z^{\mu+1}}$, qui est déterminée sans aucune ambiguïté pour x positif.

§ 7. Théorème d'inversion.

Nous avons vu plus haut, comme un fait très probable, que l'égalité

$$\int_0^\infty f(z)\psi_\mu(xz)dz = x^\mu g(x)$$

entraîne comme conséquence cette formule d'inversion

$$\int_0^\infty g(z)\psi_\mu(xz)dz = x^\mu f(x) \quad .$$

laquelle ne diffère de la première que par l'alternance des fonctions $f(x)$ et $g(x)$. Ce théorème constitue l'une des propriétés les plus caractéristiques des fonctions de Bessel; il doit être rapproché des formules de Fourier, qu'on peut d'ailleurs considérer comme un cas particulier correspondant aux hypothèses

$$\mu = -\frac{1}{2}, \quad \psi_{-\frac{1}{2}}(x) = \frac{\sin 2\pi x}{\sqrt{\pi x}}, \quad \text{et} \quad \mu = -\frac{1}{2}, \quad \psi_{-\frac{1}{2}}(x) = \frac{\cos 2\pi x}{\sqrt{\pi x}} \quad .$$

La formule à démontrer peut s'écrire

$$\int_0^\infty \psi_\mu(xz)\frac{dz}{z^\mu}\int_0^\infty \psi_\mu(zu)f(u)du = x^\mu f(x) \quad ; \tag{59}$$

elle a lieu, x étant positif, quelle que soit la fonction f (sous des réserves évidentes) et pour μ quelconque non inférieur à $-\frac{1}{2}$. Nous ne la démontrerons point ici d'une manière complète, mais nous ferons voir que si, pour une valeur de x réelle et positive, le premier membre existe, il est nécessairement identique au second et nous ferons dépendre cette démonstration du lemme suivant.

Soient x un nombre positif, a et b deux nombres positifs rangés par ordre de grandeur croissante, μ une quantité réelle au moins égale à $-\frac{1}{2}$, $f(x)$ une fonction intégrable de a à b, s_h l'intégrale

$$s_h = h^{\mu-1}\int_a^b f(u)e^{-\frac{x+u}{h}}\varphi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right)du \quad ; \tag{60}$$

en faisant décroître jusqu'à zéro la quantité positive h, on aura

I	$\lim s_h = 0$	si $x > b$ ou $x < a$
II	$\lim s_h = \frac{x^\mu}{2}[f(x+0)+f(x-0)]$	si $b > x > a$
III	$\lim s_h = \frac{x^\mu}{2}f(x-0)$	si $x = b$
IV	$\lim s_h = \frac{x^\mu}{2}f(x+0)$	si $x = a$.

En effet, si l'on remplace $\varphi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right)$ par son expression asymptotique (39), le facteur $h^{\mu-\frac{1}{2}}e^{-\frac{x+u}{h}}\varphi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right)$ se change en

$$\frac{(xu)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi h}}\,e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}\Phi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right) \quad ; \tag{61}$$

et, la quantité Φ_μ tendant vers l'unité à mesure que h décroît, il s'ensuit que ce facteur n'a de valeur sensible que lorsque u est voisin de x. Ainsi en utilisant le théorème de la moyenne, on a

$$s_h = \frac{(x\xi)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi h}}\,f(\xi)\Phi_\mu\left(\frac{x\xi}{h^2}\right)\int_a^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du \quad , \tag{62}$$

ξ désignant une indéterminée comprise entre a et b.

Premier cas. Le nombre x n'est pas compris entre a et b. Alors $(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2$ admet un minimum positif m différent de zéro, l'intégrale $\int_a^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du$ est évidemment moindre que $e^{-\frac{m^2}{h}}(b-a)$; d'où résulte que s_h tend vers zéro avec h, puisqu'il est le produit de plusieurs facteurs finis multipliés par l'infiniment petit $\frac{e^{-\frac{m^2}{h}}}{\sqrt{h}}$.

Dans la démonstration précédente, nous supposons a et b constants indépendants de h et de x; on peut facilement généraliser. Prenons, par exemple, b constant et a de la forme $x+\varepsilon$, ε désignant un infiniment petit d'ordre inférieur à $\frac{1}{2}$ par rapport à h; l'exposant $\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}$, ou $\frac{1}{h}\left(\frac{u-x}{\sqrt{u}+\sqrt{x}}\right)^2$ est alors plus grand que $\frac{\varepsilon^2}{4hb}$. De la sorte s_h est égal au produit d'une quantité finie par le facteur $\frac{e^{-\frac{\varepsilon^2}{4hb}}}{\sqrt{h}}$, lequel tend évidemment vers zéro; la conclusion subsiste donc.

Il en serait de même si l'on faisait $b=x-\varepsilon'$, ε' étant pareillement un infiniment petit d'ordre inférieur à $\frac{1}{2}$ par rapport à h.

Quatrième cas. Le deuxième cas n'étant évidemment qu'une superposition des cas III et IV, nous traiterons uniquement ceux-ci, ou plutôt le quatrième seul, car le troisième se ramène au dernier par une inversion des limites.

Dans ce cas, la quantité ε désignant toujours un infiniment d'ordre inférieur à $\frac{1}{2}$ relativement à h, on a la décomposition

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_x^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du$$

$$=\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_x^{x+\varepsilon} e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du+\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_{x+\varepsilon}^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du\ ,$$

et l'on vient de voir que cette dernière intégrale à droite du signe = tend vers zéro avec h, d'où résulte

$$\lim\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_x^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du=\lim\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_x^{x+\varepsilon} e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du\ .$$

Pour évaluer le second membre, j'observe que $\sqrt{u}-\sqrt{x}$ ou $\frac{u-x}{\sqrt{u}+\sqrt{x}}$ est compris entre $\frac{y}{2\sqrt{x}}$ et $\frac{y}{2\sqrt{x+\varepsilon}}$, en faisant, pour abréger, $y=u-x$; l'intégrale elle-même est comprise entre

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_0^{\varepsilon} e^{-\frac{y^2}{4hx}}dy \quad \text{et} \quad \frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_0^{\varepsilon} e^{-\frac{y^2}{4h(x+\varepsilon)}}dy\ ,$$

ou entre

$$\sqrt{\frac{x}{\pi}}\int_0^{\frac{\varepsilon}{2\sqrt{hx}}} e^{-z^2}dz \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{x}{\pi}}\int_0^{\frac{\varepsilon}{2\sqrt{h(x+\varepsilon)}}} e^{-z^2}dz\ .$$

Mais en vertu de la supposition $\lim\frac{\varepsilon}{h}=\infty$, les deux dernières intégrales tendent vers la limite commune $\frac{\sqrt{x}}{2}$; on a donc

$$\lim\frac{1}{2\sqrt{\pi h}}\int_x^b e^{-\frac{(\sqrt{u}-\sqrt{x})^2}{h}}du=\frac{\sqrt{x}}{2}\ .$$

et comme ξ est ici compris entre x et $x+\varepsilon$ il tend vers x quand h décroît et la formule (62) donne

$$\lim s_h = \frac{x^\mu}{\Gamma} f(x+0) \quad .$$

Remarques complémentaires sur cette démonstration. — 1° Nous avons évidemment admis que x était différent de zéro. Si $x=0$ et que μ soit quelconque, le quotient $\frac{s_h}{x^\mu}$ prend la forme

$$\frac{1}{h^{\mu+1}} \int f(u) e^{-\frac{u}{h}} u^\mu du \quad \text{ou} \quad \frac{f(\xi)}{\Gamma} \int e^{-\frac{u}{h}} u^\mu du \quad .$$

ξ est de nouveau compris entre a et b. Il résulte de là que si $a>0$ et $b>a$ $\lim_{x=0} \left(\frac{s_h}{x^\mu}\right) = 0$; mais si $a=0$ et $b>0$, on conclut de la même méthode que ci-dessus, $\lim \left(\frac{s_h}{x^\mu}\right) = f(+0)$.

2° On a également admis implicitement que la fonction $f(u)$ restait finie de a jusqu'à b; mais cette supposition est inutile, et $f(u)$ peut devenir infinie pourvu qu'elle ne cesse pas d'être intégrable.

3° Enfin on peut se proposer d'étendre notre théorème au cas où b devient infini; il est aisé de trouver des conditions suffisantes à satisfaire par $f(u)$ pour que le résultat ne soit pas changé.

On peut évidemment se borner à traiter le cas où dans

$$s_h = h^{\mu-1} \int f(u) e^{-\frac{x+u}{h}} \varphi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right) du \quad ,$$

la limite a est supérieure à x, et rechercher sous quelles conditions on a $\lim s_h = 0$. Observons à cet effet que le quotient $\frac{\sqrt{u}-\sqrt{x}}{\sqrt{u}}$ a un minimum $\sqrt{\varkappa}$ inférieur à l'unité et que par suite $\sqrt{u}-\sqrt{x}^2 > \varkappa u$, d'où résulte par la formule (60) pour le maximum de $|s_h|$ l'expression suivante, où M représente la plus grande valeur de Φ_μ

$$|s_h| < \frac{x^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi h}} \, \mathrm{M} \int e^{-\frac{x}{h}} u^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}} |f(u)| du \quad .$$

formule qui devient par la transformation $u = a + hz$,

$$s_h| < \frac{x^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}} h^{\frac{\mu}{2}+\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi}} \mathrm{M} e^{-\frac{a\alpha}{h}} \int_0^\infty e^{-\alpha z} \left(\frac{a}{h}+z\right)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}} |f(a+hz)| dz \quad .$$

Lorsque $\mu > \frac{1}{2}$, on augmente l'intégrale en remplaçant $\frac{a}{h}+z$ par $\frac{a}{h}(1+z)$, tandis que pour $\mu < \frac{1}{2}$ on l'augmentera en remplaçant la même quantité par $\frac{a}{h}$. On trouve ainsi, suivant le cas,

$$|s_h| < \frac{(ax)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi}} \sqrt{h}\, e^{-\frac{a\alpha}{h}} \mathrm{M} \int_0^\infty e^{-\alpha z} (1+z)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}} |f(a+hz)| dz \quad .$$

ou

$$s_h| < \frac{(ax)^{\frac{\mu}{2}-\frac{1}{4}}}{2\sqrt{\pi}} \sqrt{h}\, e^{-\frac{a\alpha}{h}} \mathrm{M} \int_0^\infty e^{-\alpha z} |f(a+hz)| dz \quad .$$

Dans ces expressions, le coefficient de l'intégrale tend vers zéro avec h; il suffit donc, pour la validité du théorème, que les intégrales elles-mêmes restent finies quand h est infiniment petit, ce qui a lieu évidemment dans des cas fort étendus.

Démonstration du théorème. Elle résulte du lemme d'une manière immédiate. En effet, si l'on admet l'existence de l'intégrale

$$\int_0^\infty \psi_\mu(xz) \frac{dz}{z^\mu} \int_0^\infty \psi_\mu(zu) f(u) du \quad . \tag{63}$$

elle sera, comme on sait, la limite pour $h = 0$ de cette autre qui existe pareillement

$$\int_0^\infty e^{-hz} \psi_\mu(xz) \frac{dz}{z^\mu} \int_0^\infty \psi_\mu(zu) f(u) du \quad . \tag{64}$$

Or, en alternant dans la dernière l'ordre des intégrations, elle devient

$$\int_0^\infty f(u) du \int_0^\infty e^{-hz} \psi_\mu(zx) \psi_\mu(zu) \frac{dz}{z^\mu} \quad \text{ou} \quad h^{\mu-1} \int_0^\infty f(u) e^{-\frac{x+u}{h}} \varphi_\mu\left(\frac{xu}{h^2}\right) du \quad \text{ou} \quad s_h \; .$$

On voit que cette démonstration suppose non seulement l'existence de l'intégrale (63), mais encore celle des conditions obtenues tout à l'heure relativement à la manière dont se comporte $f(u)$ à l'infini. Il faut en outre admettre qu'on peut intervertir l'ordre des intégrations dans la formule (64).

Si dans (63) on introduit $J_\mu(x)$ à la place de $\frac{1}{\Gamma}_\mu(x)$, la formule d'inversion devient

$$\int_0^\infty z J_\mu(xz)dz \int_0^\infty uf(u)J_\mu(zu)du = f(x) \quad .$$

forme très symétrique qui résulte, pour μ entier, d'une formule générale due à M. K. Neumann [1] combinée avec la formule d'addition (44); ce mode de déduction ne souffre pas les imperfections de celui qu'on vient de lire; par contre, il est inapplicable au cas général où μ est fractionnaire.

§ 8. Intégrales définies.

Un grand nombre d'intégrales définies contenant des fonctions de Bessel peuvent être déterminées sous forme explicite: c'est là une des particularités les plus remarquables de ces fonctions. Nous allons passer en revue quelques-unes de ces intégrales en les choisissant parmi les plus intéressantes au point de vue pratique: nous nous efforcerons de les rattacher aux principes généraux qui nous ont déjà servi, ainsi qu'au théorème d'inversion qu'on vient de voir. Nous ne contrôlerons jamais les conditions qui en limitent l'emploi, soit que ces conditions soient évidemment satisfaites, soit qu'au contraire leur discussion nous eût entraîné trop loin. Je rappelle enfin que, dans toutes les formules qui vont suivre, sauf quand le contraire est indiqué expressément, l'indice des fonctions J est un nombre quelconque réel, entier ou non, limité inférieurement par la convergence des intégrales.

Théorème général. Proposons-nous de déterminer l'intégrale multiple

$$S = \int\int \dots \int \xi_1^{h_1+1} \xi_2^{h_2+1} \dots \xi_n^{h_n+1} J_{h_1}(a_1\xi_1)J_{h_2}(a_2\xi_2)\dots J_{h_n}(a_n\xi_n)d\sigma \quad .$$

étendue à la portion de surface hypersphérique

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \dots + \xi_n^2 = 1$$

[1] Voir, par exemple, HEINE. *Theorie der Kugelfunktionen*, t. I, p. 443.

comprise dans l'angle positif des coordonnées $\xi_1 \ldots \xi_n$ et dont $d\sigma$ représente l'élément; les constantes h sont toutes, pour la convergence, supposées plus grandes que -1, enfin les a sont des quantités quelconques réelles ou imaginaires. Il est clair que S a la forme

$$S = a_1^{h_1} a_2^{h_2} \ldots a_n^{h_n} G(a_1, \ldots, a_n) \quad .$$

où G désigne une fonction entière des paramètres a pouvant être réduite par rapport à toutes ces lettres simultanément. D'une manière plus précise, si l'on remplace a_1, $a_2, \ldots a_n$ par $a_1 x$, $a_2 x \ldots a_n x$ respectivement, la quantité S devient une fonction de x telle que les intégrales

$$\int_0^\infty e^{-x} x^\alpha S(mx) dx$$

ou même

$$\int_0^\infty e^{-x^2} x^\alpha S(mx) dx$$

peuvent être évaluées en remplaçant $S(x)$ par son développement

$$S(x) = x^{h_1 + h_2 + \ldots + h_n} G(x) \quad ,$$

et intégrant terme par terme; pour abréger, nous nommerons *régulièrement intégrable* une fonction possédant cette propriété.

Remarquons que l'égalité

$$\int_0^\infty e^{-z^2} z^{m+1} f(xz) dz = \frac{x^m}{2^{m+1}} e^{-\frac{x^2}{4}} \tag{65}$$

est satisfaite si l'on prend $f(z) = J_m(z)$ et que cette solution est la seule régulièrement intégrable qui s'offre pour vérifier l'équation précédente.

Prenons cette identité et faisons $m = h_1$, puis $m = h_2, \ldots$ enfin $m = h_n$; remplaçons x par $a_1 x$, $a_2 x$, $\ldots a_n x$ successivement; enfin multiplions tous les résultats ainsi obtenus les uns par les autres, nous trouvons

$$\int_0^\infty \int_0^\infty \ldots \int_0^\infty e^{-(z_1^2 + z_2^2 + \ldots + z_n^2)} z_1^{h_1+1} z_2^{h_2+1} \ldots z_n^{h_n+1} J_{h_1}(a_1 x z_1) J_{h_2}(a_2 x z_2) \ldots J_{h_n}(a_n x z_n) dz_1 \ldots dz_n$$

$$= \frac{a_1^{h_1} a_2^{h_2} \ldots a_n^{h_n}}{2^{l+n}} x^l e^{-\frac{a^2 x^2}{4}} \quad , \tag{66}$$

où l'on a posé pour abréger $l = h_1 + h_2 + \ldots + h_n$ et $a^2 = a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_n^2$.

Introduisons au premier membre de cette égalité les coordonnées polaires à la place des rectangulaires en faisant

$$x_1 = r\xi_1, \quad x_2 = r\xi_2, \quad \ldots, \quad x_n = r\xi_n,$$

avec

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \ldots + \xi_n^2 = 1 \qquad \text{et} \qquad dx_1 dx_2 \ldots dx_n = r^{n-1} dr\, d\sigma,$$

il vient, au lieu de (66),

$$\int_0^\infty e^{-r^2} r^{l+n} (rx)^{n-1} dr \int \int \ldots \int \xi_1^{h_1+1} \ldots \xi_n^{h_n+1} J_{h_1}(a_1 r x \xi_1) \ldots J_{h_n}(a_n r x \xi_n) d\sigma$$

$$= \frac{a_1^{h_1} a_2^{h_2} \ldots a_n^{h_n}}{2^{l+n}} \int_0^\infty e^{-r^2} r^{l+2h+2n} x^{h+n-1} dr,$$

ou encore

$$\int_0^\infty e^{-r^2} r^{l+n} S_1(rx) dr = \frac{a_1^{h_1} \ldots a_n^{h_n}}{2^{l+n}} \frac{(ax)^{l+n-1} e^{-\frac{x^2}{4}}}{a^{l+n-1}}.$$

On a fait $S_1(x) = x^{n-1} S(x)$: en comparant la dernière égalité à l'équation (65) et remarquant que $S(x)$, et par suite $S_1(x)$, est régulièrement intégrable, on tire

$$S_1(x) = a_1^{h_1} \ldots a_n^{h_n} \frac{J_{l+n-1}(ax)}{a^{l+n-1}},$$

puis faisant $x = 1$, le théorème

$$\int \int \ldots \int \xi_1^{h_1+1} \ldots \xi_n^{h_n+1} J_{l+h+n-1}(a_1 \xi_1) \ldots J_{h_n+n-1}(a_n \xi_n) d\sigma = a_1^{h_1} a_2^{h_2} \ldots a_n^{h_n} \frac{J_h(a)}{a^h} \quad (67)$$

On fait maintenant $a = \sqrt{a_1^2 + \ldots + a_n^2}$ et $h = h_1 + h_2 + \ldots + h_n + n - 1$.

Un cas intéressant de ce théorème général est celui pour lequel on a $h_1 = h_2 = \ldots = h_n = -\frac{1}{2}$; en observant que $J_{-\frac{1}{2}}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \cos x$, il vient

$$\int \int \ldots \int \cos(a_1 \xi_1) \cos(a_2 \xi_2) \ldots \cos(a_n \xi_n) d\sigma = \left(\frac{\pi}{2}\right)^{\frac{n}{2}} \frac{J_{\frac{n}{2}-1}(a)}{a^{\frac{n}{2}-1}} ;$$

ce résultat peut s'exprimer explicitement en $\cos a$ et $\sin a$ dans le cas où n est impair, par les formules récurrentes (21) et (22).

Observons encore une conséquence du théorème général. L'intégrale multiple

$$\int_0^{\infty}\int_0^{\infty}\dots\int_0^{\infty} f(\sqrt{x_1^2+x_2^2+\dots+x_n^2})\,J_{h_1}(a_1x_1)\dots J_{h_n}(a_nx_n)\,x_1^{h_1+1}x_2^{h_2+1}\dots x_n^{h_n+1}\,dx_1dx_2\dots dx_n,$$

où f représente une fonction quelconque, se réduit lorsqu'on l'évalue en coordonnées polaires à l'intégrale simple

$$\frac{a_1^{h_1}\dots a_n^{h_n}}{a^h}\int_0^{\infty} f(r)r^{h+1}J_h(ar)dr \quad .$$

résultat qui, abstraction faite du facteur $a_1^{h_1}a_2^{h_2}\dots a_n^{h_n}$, ne dépend, quelle que soit la fonction f, que de la quantité $a=\sqrt{a_1^2+a_2^2+\dots+a_n^2}$.

Conséquences du théorème et résultats particuliers. — Le cas le plus simple du théorème précédent correspond à $n=2$, tous les autres pouvant se déduire de celui-ci par répétition. On a

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos^m\varphi\sin^n\varphi J_{m-1}(a\cos\varphi)J_{n-1}(b\sin\varphi)d\varphi=\frac{a^{m-1}b^{n-1}}{(a^2+b^2)^{\frac{m+n-1}{2}}}J_{m+n-1}(\sqrt{a^2+b^2}) \quad , \tag{68}$$

formule qui n'est qu'une variante de l'équation (25) et dont j'ai étudié ailleurs les conséquences. On peut en tirer facilement les diverses intégrales de la forme

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos^{m+2m'}\varphi\sin^{n+2n'}\varphi J_{m-1}(a\cos\varphi)J_{n-1}(b\sin\varphi)d\varphi \quad , \tag{69}$$

quels que soient les entiers positifs m' et n', en les ramenant à des combinaisons de plusieurs autres de la forme (68). On peut même trouver sous forme finie l'intégrale (69) lorsque m' et n' sont entiers et négatifs, mais seulement si m et n sont eux-mêmes entiers; il est clair d'ailleurs que les limites inférieures de m' et n' sont $1-m$ et $1-n$ respectivement. Ce théorème revient au suivant.

Soient

$$z'=1-z \qquad \text{et} \qquad X_{m,m'}^{n,n'}=\int_0^1\varphi_m(az)\varphi_{m'}(a'z')\frac{dz}{z^nz'^{n'}} \quad .$$

les nombres n et n' ne devant pas dépasser m et m' respectivement et pouvant devenir négatifs; lorsque m, n, m', n' sont tous entiers, $X_{m,m'}^{n,n'}$ s'exprime en fonc-

tion de diverses quantités telles que $\varphi_p(a)$, $\varphi_p(a')$, $\varphi_p(a+a')$: nous poserons pour abréger $c = a + a'$.

En effet, des propriétés $\varphi'_m = \varphi_{m-1}$ et $\varphi_{m+1} = a^{m+1}\dfrac{d}{da}\left(\dfrac{\varphi_m(a)}{a^m}\right)$ on déduit les identités

$$\frac{d}{da}X^{n,n'}_{m,m'} = X^{n-1,n'}_{m-1,m'} \qquad \frac{d}{da'}X^{n,n'}_{m,m'} = X^{n,n'-1}_{m,m'-1}, \tag{70}$$

puis

$$a^{m+1}\frac{d}{da}\left(\frac{X^{n,n'}_{m,m'}}{a^m}\right) = X^{n,n'}_{m+1,m'}, \quad a'^{m'+1}\frac{d}{da'}\left(\frac{X^{n,n'}_{m,m'}}{a'^{m'}}\right) = X^{n,n'}_{m,m'+1}. \tag{71}$$

Les formules (70) permettant de considérer uniquement le cas où n et n' sont positives, désignons par λ et λ' les différences positives $\lambda = m - n$ et $\lambda' = m' - n'$; en appliquant plusieurs fois de suite les formules (71), nous trouvons

$$X^{n,n'}_{m,m'} = a^m a'^{m'}\frac{d^{\lambda+\lambda'}}{da^\lambda da'^{\lambda'}}\left(\frac{X^{n,n'}_{n,n'}}{a^n a'^{n'}}\right).$$

équation qui démontre le théorème, s'il est exact pour le cas

$$X = X^{n,n'}_{n,n'} = \int_0^1 \varphi_n(az)\,\varphi_{n'}(a'z')\,\frac{dz}{z'z'}, \qquad z = 1 \quad z'.$$

Or, en appliquant de nouveau les formules (70), on a maintenant

$$\frac{d^{n+n'}X}{da^n da'^{n'}} = X^{0,0}_{0,0} = \frac{\varphi_1(c)}{c} = \frac{d^{n+n'}}{da^n da'^{n'}}\,\varphi_{n+n'-1}(c).$$

Si enfin on remarque que X est telle que $\dfrac{d^{r+s}X}{da^r da'^s}$ est nulle pour $a = 0$, $a' = 0$ dès que $r + s < n + n'$, on conclut, en faisant encore $p = n + n' - 1$,

$$\left.\begin{aligned} X = {} & \varphi_p(c) - \varphi_p(a') - \varphi'_p(a')\frac{a}{1} - \varphi''_p(a')\frac{a^2}{1.2} - \ldots - \varphi_p^{(n-1)}(a')\frac{a^{n-1}}{(n-1)!} \\ & - \varphi_p(a) - \varphi'_p(a)\frac{a'}{1} - \varphi''_p(a)\frac{a'^2}{1.2} - \ldots - \varphi_p^{(n'-1)}(a)\frac{a'^{n'-1}}{(n'-1)!} \end{aligned}\right\}.$$

Le passage aux fonctions J est facile, et voici, par exemple, ce que devient l'intégrale X dans les nouvelles notations

$$X = \int_0^{\frac{\pi}{2}} J_m(a\cos\varphi) J_n(b\sin\varphi) \frac{d\varphi}{\cos^{m-1}\varphi \sin^{n-1}\varphi} \quad :$$

sa valeur est, en faisant $c = \sqrt{a^2+b^2}$ et $p = m+n-1$.

$$X = \frac{1}{a^m b^n}\left[a^p J_p(a) + \frac{b^2 a^{p-1}}{2} J_{p-1}(a) + \frac{b^4 a^{p-2}}{2\cdot 4} J_{p-2}(a) + \ldots + \frac{b^{2(n-1)} a^m}{2^{n-1}(n-1)!} J_m(a) \right.$$

$$\left. + b^p J_p(b) + \frac{a^2 b^{p-1}}{2} J_{p-1}(b) + \frac{a^4 b^{p-2}}{2\cdot 4} J_{p-2}(b) + \ldots + \frac{a^{2(m-1)} b^n}{2^{m-1}(m-1)!} J_n(b) - c^p J_p(c) \right| .$$

Reprenons maintenant l'intégrale (68), qui peut s'écrire

$$\int_0^1 z^n (1-z^2)^{\frac{m-1}{2}} J_{m-1}(a\sqrt{1-z^2}) J_{n-1}(xz) dz = \frac{a^{m-1} x^{n-1}}{(a^2+x^2)^{\frac{p}{2}}} J_p(\sqrt{a^2+x^2}) , \quad (72)$$

avec $p = m+n-1$, et appliquons-lui le théorème d'inversion ; nous avons

$$a^{m-1} \int_0^\infty \frac{z^n}{(a^2+z^2)^{p/2}} J_p(\sqrt{a^2+z^2}) J_{n-1}(xz) dz = \begin{cases} x^{n-1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} J_{m-1}(a\sqrt{1-x^2}) \\ \quad [\text{si } x<1 \\ = 0 \qquad \text{si } x>1 \end{cases} . \quad (73)$$

Cette intégrale peut revêtir une forme légèrement différente ; si l'on fait la transformation $\sqrt{a^2+z^2} = at$ ou $z = a\sqrt{t^2-1}$, et $b = ax$, il vient

$$\int_1^\infty t^{1-p}(t^2-1)^{\frac{n-1}{2}} J_p(at) J_{n-1}(b\sqrt{t^2-1}) dt = \begin{cases} \frac{b^{n-1}}{a^p} (a^2-b^2)^{\frac{m-1}{2}} J_{m-1}(\sqrt{a^2-b^2}) \\ \quad [\text{pour } b<a \\ = 0 \qquad \text{pour } b>a \end{cases} . \quad (74)$$

égalité qui se généralise un peu par la transformation nouvelle $z = ct$, ainsi

$$\int_c^\infty z^{1-p}(z^2-c^2)^{\frac{n-1}{2}} J_p(az) J_{n-1}(b\sqrt{z^2-c^2})\, dz = \frac{b^{n-1}}{a^p}(a^2-b^2)^{\frac{m-1}{2}} J_{m-1}(c\sqrt{a^2-b^2}) \quad \text{pour } b<a$$

$$= 0 \quad \text{pour } b>a \qquad (75)$$

Les intégrales précédentes, d'une nature très générale, donnent un grand nombre de résultats particuliers, parmi lesquels nous citerons les suivants.

Dans (74) faisons d'abord $n=\frac{1}{2}$, $p=\frac{1}{2}$, $m=1$, il vient

$$\int_0^\infty \frac{\sin at \cos b\sqrt{t^2-1}}{\sqrt{t^2-1}}\, dt = \frac{\pi}{2} J_0(\sqrt{a^2-b^2}) \quad a>b>0,$$

$$= 0 \quad 0<a<b.$$

Par exemple si $b=0$ et $a>0$, on a

$$\int_0^\infty \frac{\sin at}{\sqrt{t^2-1}}\, dt = \frac{\pi}{2} J_0(a).$$

Dans la formule (74) faisons encore $n=1$ et $p=\frac{1}{2}$, il vient

$$\int_1^\infty \sin az\, J_0(b\sqrt{z^2-1})\, dz = \frac{\cos\sqrt{a^2-b^2}}{\sqrt{a^2-b^2}} \quad \text{pour } a>b,$$

$$= 0 \quad \text{pour } a<b,$$

formule qu'on peut rapprocher de cette autre, facile à démontrer

$$\int_1^\infty e^{-az} J_0(b\sqrt{z^2-1})\, dz = \frac{e^{-\sqrt{a^2+b^2}}}{\sqrt{a^2+b^2}} \quad a>0, \quad b>0.$$

Prenons l'équation (75) et remplaçons-y c par zéro, a par l'unité, b par x et p par $m+n$: il vient

$$\int_0^\infty J_{m+n}(z) J_{n-1}(xz)\frac{dz}{z^m} = \frac{x^{n-1}(1-x^2)^m}{2^m m!} \quad \text{si } x<1,$$

$$= 0 \quad \text{si } x>1,$$

(55)

et plus particulièrement encore $n = 1$, $m = 0$.

$$\int_0^\infty J_1(z)J_0(xz)dz = 1 \qquad \text{si } x < 1 \ .$$
$$= 0 \qquad \text{si } x > 1 \ .$$

De même en faisant $n = 1$, $m = -\frac{1}{2}$, on trouve

$$\int_0^\infty \sin z J_0(xz)dz = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \qquad \text{si } x < 1 \ .$$
$$= 0 \qquad \text{si } x > 1 \ .$$

et enfin en posant $n = \frac{1}{2}$, $m = -\frac{1}{2}$.

$$\int_0^\infty \cos z J_0(xz)dz = \frac{1}{\sqrt{x^2-1}} \qquad \text{si } x > 1 \ .$$
$$= 0 \qquad \text{si } x < 1 \ .$$

L'inversion des deux dernières intégrales donne les formules

$$\int_0^{+1} \frac{z}{\sqrt{1-z^2}} J_0(xz)dz = \frac{\sin x}{x} \ . \qquad (76)$$

et

$$\int_1^\infty \frac{z}{\sqrt{z^2-1}} J_0(xz)dz = \frac{\cos x}{x} \ . \qquad (77)$$

qui se déduisent d'ailleurs des formules générales (72) et (74).

Prenons encore l'équation (72) et faisons-y a infiniment petit, puis égalons de part et d'autre les termes du moindre degré en a^{m-1}, il vient, après avoir changé m en $m+1$

$$\int_0^1 z^n(1-z)^m J_{n-1}(xz)dz = 2^m m! \frac{J_{m+n}(x)}{x^{m+1}} \ .$$

De même en faisant b infiniment petit dans la formule (75), la comparaison des termes du moindre degré dans les deux membres donnera

$$\int_c^\infty z^{1-n}(z^2-c^2)^{n-1}J_p(az)dz = 2^{n-1}(n-1)! \frac{J_{m-1}(ac)}{c^{m-1}} \ :$$

cette dernière devient, par exemple, en faisant $c = 0$, $q = p - 2n + 1$.

$$\int_0^\infty J_p(az)\frac{dz}{z^q} = \frac{1}{2^q}\frac{\Gamma\left(\frac{p-q+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{p+q+1}{2}\right)}a^{q-1} \quad ;$$

on doit supposer ici $q \geqq 0$ et $p - q + 1 > 0$.

Tous les résultats précédents sont tirés du théorème général; nous en citerons quelques autres plus particuliers provenant d'une autre origine.

On a les égalités

$$\int_0^x J_n(z)J_{-n}(x-z)dz = \sin x \qquad 1 > n > -1 \quad .$$

et

$$\int_0^x \frac{z^n}{(x-z)^n} J_n(z)J_{-n}(x-z)dz = 2\sin x \frac{\sin n\pi}{\sin 2n\pi} \qquad \frac{1}{2} > n > -\frac{1}{2} \quad .$$

qui se démontrent sans peine en leur appliquant le théorème (6) et tenant compte des valeurs de J_n^r et $(x^n J_n)^r$: la dernière relation n'est au reste qu'un cas particulier de la suivante, qui s'établit de la même manière

$$\int_0^x z^m(x-z)^n J_m(z)J_n(x-z)dz = Cx^{n+m+\frac{1}{2}}J_{n+m+\frac{1}{2}}(x) \quad .$$

C'est une constante dont la valeur se trouve facilement.

Soit la réduite de $J_n(x)$, ou

$$\int_0^\infty e^{-z}J_n(xz)dz = \frac{x^n}{(1+\sqrt{1+x^2})^n}\frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \quad .$$

par inversion nous en tirons

$$\int_0^\infty \frac{z^{n+1}}{(1+\sqrt{1+z^2})^n}\frac{J_n(xz)}{\sqrt{1+z^2}}dz = \frac{e^{-x}}{x} \qquad x > 0 \quad .$$

Soit de même la réduite de $x^n J_n(x)$, ou

$$\int_0^\infty e^{-z}z^n J_n(xz)dz = \frac{(2n)!}{2^n n!}\frac{x^n}{(1+x^2)^{n+\frac{1}{2}}} \quad .$$

par inversion nous en tirons

$$\int_0^\infty \frac{z^{n+1}}{(1+z^2)^{n+\frac{1}{2}}} J_n(xz)dz = e^{-x}x^{n-1}\frac{2^n n!}{(2n)!} \qquad x>0 \quad .$$

Remarquons alors que cette dernière formule peut prendre la forme

$$\int_0^\infty \frac{\left(\frac{x}{t}\right)^n}{\left(1+\frac{x^2}{t^2}\right)^{n+\frac{1}{2}}} J_n(t)dt = e^{-x}x^n \frac{2^n n!}{(2n)!} \quad .$$

d'où, repassant aux primitives par rapport à x, on conclut

$$\int_0^\infty J_n(t)J_n\left(\frac{x}{t}\right)dt = \frac{\psi_{2n}(x)}{x^n} = J_{2n}(2\sqrt{x}) \quad . \qquad (78)$$

La démonstration que nous venons de donner de cette formule remarquable manque évidemment de rigueur; mais le résultat n'en est pas moins exact, comme on peut s'assurer sans difficulté, pour $n>-\frac{1}{2}$ et $x>0$; par exemple, en faisant $n=\frac{1}{2}$, on trouve

$$\int_0^\infty \sin t \sin\frac{x}{t}\,dt = \frac{\pi}{2}\sqrt{x}J_1(2\sqrt{x}) \quad . \qquad (79)$$

La formule (78) peut s'écrire encore

$$\int_0^\infty J_n(tx)J_n\left(\frac{1}{t}\right)dt = \frac{1}{x}J_{2n}(2\sqrt{x}) \quad .$$

et

$$\int_0^\infty J_n(tx)J_n\left(\frac{1}{t}\right)\frac{dt}{t^2} = \quad J_{2n}(2\sqrt{x}) \quad .$$

d'où l'on tire par inversion

$$\int_0^\infty J_n(tx)J_{2n}(2\sqrt{t})dt = \frac{1}{x}J_n\left(\frac{1}{x}\right) \quad .$$

tandis que (79) donne, par exemple,

$$\int_0^\infty \sin xt\, J_1(2\sqrt{t})\, \frac{dt}{\sqrt{t}} = \sin\frac{1}{x} \quad .$$

ou

$$\int_0^\infty \sin z^2\, J_1(2xz)\, dz = \frac{\sin x}{2x} \quad .$$

Dans tous les résultats précédents les indices des fonctions J étaient quelconques; il existe une foule d'autres relations où ces indices doivent être entiers: il suffira d'en citer ici un ou deux exemples.

La formule (19) donne, pour n pair

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(x\cos\varphi)\cos n\varphi\, d\varphi = \frac{\pi}{2}\,\varepsilon_n J_n(x) \quad ,$$

avec $\varepsilon_0 = 1$ et $\varepsilon_n = (-1)^{\frac{n}{2}}$, ce qui peut s'écrire en désignant par $P_n(t)$ le polynôme $\cos(n \arccos t)$

$$\int_0^1 \cos(xt)\, \frac{P_n(t)}{\sqrt{1-t^2}}\, dt = \frac{\pi}{2}\,\varepsilon_n J_n(x) \quad ,$$

d'où

$$\int_0^\infty J_n(t)\cos xt\, dt = \varepsilon_n \frac{P_n(x)}{\sqrt{1-x^2}} \qquad \text{si } x < 1$$

$$= 0 \qquad \text{si } x > 1 \quad ,$$

et par inversion

$$\int_1^\infty \frac{z}{\sqrt{z^2-1}}\, P_n\left(\frac{1}{z}\right) J_n(xz)\, dz = \varepsilon_n \frac{\cos x}{x} \quad .$$

formule qui généralise l'équation (76).

On a de même, si n est impair,

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin(x\cos\varphi)\cos n\varphi\, d\varphi = \frac{\pi}{2}\,\varepsilon_n J_n(x) \quad ,$$

avec $\varepsilon_n = (-1)^{\frac{n-1}{2}}$; cette formule s'écrit aussi

$$\int_0^1 \sin xt\, \frac{P_n(t)}{\sqrt{1-t^2}}\, dt = \frac{\pi}{2}\,\varepsilon_n J_n(x) \quad ;$$

on en tirera

$$\int_0^\infty J_n(t)\sin xt\,dt = \varepsilon_n \frac{P_n(x)}{\sqrt{1-x^2}} \qquad \text{si } x<1 \quad .$$

$$= 0 \qquad \text{si } x>1 \quad .$$

et par suite

$$\int_1^\infty \frac{z}{\sqrt{z^2-1}} P_n\left(\frac{1}{z}\right) J_n(xz)\,dz = \varepsilon_n \frac{\sin x}{x} \quad .$$

relation qu'on peut rapprocher pour $n=1$ de l'intégrale (77) .

§ 9. Fonctions hyperbesséliennes.

La méthode appliquée dans les paragraphes précédents n'est nullement particulière aux fonctions de Bessel proprement dites, mais s'emploie avec avantage pour l'étude des fonctions de la forme

$$\sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{x^{ai+b}}{i!(p_1 i+q_1)!(p_2 i+q_2)!\ldots(p_n i+q_n)!} \tag{80}$$

où les p sont des quantités positives, entières ou fractionnaires, et les q des quantités quelconques. Nous nommerons *hyperbesséliennes* les fonctions de cette catégorie et nous nous proposons de passer rapidement en revue leurs propriétés les plus élémentaires.

Pour des motifs de symétrie nous écrirons cette fonction avec n variables indépendantes x_1 , x_2 , ... x_n , ainsi

$$\sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{x_1^{p_1 i+q_1} x_2^{p_2 i+q_2} \ldots x_n^{p_n i+q_n}}{i!(p_1 i+q_1)!(p_2 i+q_2)!\ldots(p_n i+q_n)!} \quad .$$

série dont la réduite de Laplace, prise par rapport à toutes les variables, est évidemment

$$x_1^{q_1} x_2^{q_2} \ldots x_n^{q_n} e^{x_1^{p_1} x_2^{p_2} \ldots x_n^{p_n}} \quad .$$

Le cas le plus simple des fonctions hyperbesséliennes est celui où les diverses quantités p sont toutes égales à l'unité, et où l'on suppose pour la convergence du développement tous les q supérieurs à l'unité. On possède alors une fonction dont la

réduite est $x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_n^{q_n} e^{x_1 x_2 \dots x_n}$, que nous nommerons $\varphi(x_1, \dots x_n ; q_1, q_2, \dots q_n)$ ou plus simplement $\varphi_{q_1, q_2, \dots q_n}$.

$$\varphi_{q_1, q_2, \dots q_n} = \sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{x_1^{q_1+i} x_2^{q_2+i} \dots x_n^{q_n+i}}{i!(q_1+i)!(q_2+i)! \dots (q_n+i)!} \quad ; \tag{81}$$

elle se transforme en une fonction à une seule variable, représentée par la même notation, lorsqu'on fera $x_1 = x$, $x_2 = x_3 = \dots = x_n = 1$.

Soit $\varphi^r_{q_1, \dots q_n}$ la réduite de notre fonction, ou $x_1^{q_1} \dots x_n^{q_n} e^{x_1 x_2 \dots x_n}$; cette réduite possède les deux propriétés

$$\varphi'_{\substack{q_1 \dots q_n \\ x_i}} = \varphi_{q_1, \dots, q_i - 1, \dots q_n} \quad ,$$

et

$$\varphi^r_{q_1+1, q_2+1, \dots q_n+1} = x_i \frac{d}{dx_i} \varphi^r_{q_1, \dots q_n} - q_i \varphi^r_{q_1, \dots q_n} \quad ,$$

d'où l'on conclut pour les primitives

$$\left.\begin{aligned} \frac{d}{dx_i} \varphi_{q_1, \dots q_n} &= \varphi_{q_1, \dots, q_i - 1, \dots q_n} \\ \varphi_{q_1+1, q_2+1, \dots q_n+1} &= x_i^{q_i+1} \frac{d}{dx_i} \left(\frac{\varphi}{x^{q_i}} \right) \end{aligned}\right\} \quad (i = 1, 2, \dots n) \tag{82}$$

relations qu'on peut d'ailleurs contrôler sans peine sur le développement (81) ; les opérations $\dfrac{d}{dx_i}$ et $x_i^{q_i+1} \dfrac{d}{dx_i} x^{-q_i}$ ont ainsi des effets opposés, l'une abaissant et l'autre augmentant les indices. Appliquons consécutivement $n+1$ de ces opérations, nous trouvons l'équation aux dérivées partielles (i étant quelconque)

$$\frac{d^n}{dx_1 \, dx_2 \dots dx_n} \left(x_i \frac{d\varphi}{dx_i} - q_i \varphi \right) = \varphi \quad , \tag{83}$$

et si dans celle-ci, nous faisons après la dérivation, $x_1 = x$ et $x_2 = x_3 = \dots = x_n = 1$, nous trouvons une équation différentielle de l'ordre $(n+1)$ satisfaite par la fonction hyperbesséliennne $\varphi(x, q_1, q_2, \dots q_n)$. Nous nous proposons de trouver la forme explicite de cette équation différentielle.

A cet effet, remarquons qu'en représentant par ω_i l'opérateur $x_i \dfrac{d}{dx_i}$ et par u une fonction quelconque, on a l'identité

$$\frac{du}{dx_i} = (\omega_i + 1)\frac{u}{x_i} \quad , \qquad i = 1, 2, \dots n$$

d'où résulte cette autre

$$\frac{d^n u}{dx_1 \dots dx_n} = (\omega_1 + 1)(\omega_2 + 1) \dots (\omega_n + 1)(u x_1^{-1} x_2^{-1} \dots x_n^{-1}) \quad .$$

Appliquons cette identité à l'équation aux dérivées partielles (83); après avoir fait $i = 1$ pour simplifier, elle se transforme en

$$(\omega_1 + 1)(\omega_2 + 1) \dots (\omega_n + 1)\left[(x_1 \frac{d\varphi}{dx_1} - q_1\varphi)x_1^{-1} x_2^{-1} \dots x_n^{-1}\right] = \varphi \quad .$$

ce qui s'écrit encore, après quelques réductions faciles

$$(\omega_1 - q_1 + 1)(\omega_1 + 1 + (\omega_2 + 1) \dots (\omega_n + 1)(\varphi x_1^{-1} x_2^{-1} \dots x_n^{-1}) = \varphi \quad .$$

Or si l'on pose $x = x_1 x_2 \dots x_n$, φ est de la forme $x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_n^{q_n} f(x)$ et φx^{-1} de la forme $x_1^{q_1 - 1} x_2^{q_2 - 1} \dots x_n^{q_n - 1} f(x)$; ainsi l'équation précédente se change en

$$\omega_1(\omega_1 + q_1)(\omega_2 + q_2) \dots (\omega_n + q_n) f(x) = xf \quad :$$

enfin, si l'on remarque que maintenant ω_1, ω_2, ... ω_n ont le même effet et peuvent être remplacés par un seul opérateur $\omega = x\dfrac{d}{dx}$ et qu'en outre $f = x^{-q_1}\varphi(x)$, nous trouvons pour équation différentielle

$$\omega(\omega - q_1)(\omega + q_2 - q_1) \dots (\omega + q_n - q_1)\varphi = x\varphi \quad , \qquad (84)$$

dont la forme développée s'écrit ainsi

$$x^n \frac{d^{n+1}\varphi}{dx^{n+1}} + A_1 x^{n-1} \frac{d^n \varphi}{dx^n} + A_2 x^{n-2} \frac{d^{n-1}\varphi}{dx^{n-1}} + \dots + A_n \frac{d\varphi}{dx} = \varphi \quad ; \qquad (85)$$

cette équation ne présente que des termes de degré 0 et de degré — 1 par rapport à x. Comme d'ailleurs elle contient n arbitraires $q_1, q_2, \dots q_n$ dans ses n coefficients $A_1, \dots A_n$, ce sera l'équation la plus générale de cette forme. Lorsque, par exemple, les A seront donnés, pour retrouver $q_1, q_2, \dots q_n$ il suffira, après avoir multiplié l'équation par x, de remplacer un terme quelconque tel que $x^k \frac{d^k \varphi}{dx^k}$ par $\omega(\omega - 1) \dots (\omega - k + 1)$ ce qui ramènera le premier membre à un polynôme ordonné suivant les puissances de ω : en décomposant ce polynôme en facteurs du premier degré, les racines seront, à l'ordre près, les quantités $q_1, q_1 - q_2, \dots, q_1 - q_n$ et 0.

L'ordre de ces quantités pouvant être interverti à volonté, autrement dit l'une quelconque pouvant jouer le rôle précédemment assigné à q_1, il en résulte pour les $(n+1)$ solutions de l'équation (85) le tableau suivant

$$\begin{aligned}
&\varphi(x, q_1, q_2, \dots q_n)\\
&\varphi(x, q_1 - q_2, -q_2, q_3 - q_2, \dots, q_n - q_2)\\
&\varphi(x, q_1 - q_3, q_2 - q_3, -q_3, \dots, q_n - q_3)\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
&\varphi(x, q_1 - q_n, q_2 - q_n, \dots, q_{n-1} - q_n, -q_n)\\
&x^{q_1}\varphi(x, -q_1, q_2 - q_1, q_3 - q_1, \dots, q_n - q_1) \quad .
\end{aligned}$$

Les n premières équations de ce tableau ont été formées comme il vient d'être dit, tandis que la dernière a été obtenue en comparant l'équation pour φ avec celle précédemment écrite pour la fonction $f = x^{-q_1}\varphi(x, q_1, q_2, \dots q_n)$: les $n+1$ solutions trouvées forment un système fondamental d'intégrales toutes les fois que les exposants $0, q_1, q_1 - q_2, q_1 - q_3, \dots, q_1 - q_n$ ont entre eux des différences non entières. Le cas exceptionnel conduit à un système fondamental à facteurs logarithmiques sans point d'indétermination; nous le laisserons complètement de côté dans la suite et nous ne raisonnerons que sur le cas général; les quantités $q_1, \dots q_n$ ou $A_1, \dots A_n$ sont ainsi supposées quelconques.

Au reste on peut facilement prouver que toute équation de la forme

$$x^{n+1}\frac{d^{n+1}\varphi}{dx^{n+1}} + a_1 x^n \frac{d^n \varphi}{dx^n} + \dots + a_n x \frac{d\varphi}{dx} + a_{n+1}\varphi = b x^m \varphi \quad , \qquad (86)$$

laquelle ne possède que deux catégories de termes, ceux de degré zéro et ceux de

degré m, se réduit par changement de variable à la forme (85). En effet, prenons $y = kx^m$ comme nouvelle variable et désignons par ϖ et ϖ' respectivement les opérateurs $x\dfrac{d}{dx}$ et $y\dfrac{d}{dy}$, on a $m\varpi' = \varpi$, d'où résulte pour la transformée de (86) la forme

$$(\varpi' - \alpha_0)(\varpi' - \alpha_1) \dots (\varpi' - \alpha_n)\varphi = \frac{by\varphi}{km^{n+1}} = y\varphi \quad , \qquad (87)$$

si l'on prend encore la constante $k = \dfrac{b}{m^{n+1}}$. L'équation précédente est de la forme (85) lorsque l'une des constantes α est nulle, autrement dit lorsque $a_{n+1} = 0$; dans le cas contraire il suffira de poser $\varphi = y^\beta \psi$ pour ramener (87) à la forme

$$(\varpi' + \beta - \alpha_0)(\varpi' + \beta - \alpha_1) \dots (\varpi' + \beta - \alpha_n)\psi = y\psi \quad ,$$

et la transformation s'achève en prenant β égale à l'un quelconque des α ; il y a donc, ici encore, n manières d'obtenir la forme canonique.

Par exemple l'équation

$$\frac{d^{n+1}\varphi}{dx^{n+1}} = \varphi \qquad \text{ou} \qquad \varpi(\varpi - 1) \dots (\varpi - n)\varphi = x^{n+1}\varphi \quad .$$

dont l'intégrale générale s'exprime par les exponentielles

$$\varphi = \sum_{i=1}^{i=n+1} C_i e^{\theta_i x} \quad ,$$

où les C sont constants et les θ représentent les racines $(n+1)^{\text{ièmes}}$ de l'unité, se ramènera à la forme canonique par la substitution $y = \left(\dfrac{x}{n+1}\right)^{n+1}$, ainsi

$$\varpi'\left(\varpi' - \frac{1}{n+1}\right) \dots \left(\varpi' - \frac{n}{n+1}\right)\varphi = y\varphi \quad .$$

Autrement dit, la fonction $\varphi(x, q_1, q_2, \dots q_n)$ s'exprime par des exponentielles lorsque les quantités q_1, $q_1 - q_2, \dots, q_1 - q_n$ coïncident à l'ordre près avec la suite $\dfrac{1}{n+1}$, $\dfrac{2}{n+1}, \dots \dfrac{n}{n+1}$. Il en serait de même, comme on le voit facilement, toutes les fois que cette même série de quantités peut être rangée avec

zéro de manière à former une progression arithmétique de raison $\frac{1}{n+1}$. Nous allons contrôler ce résultat qui doit nous être utile plus loin, en le présentant sous une forme légèrement différente. Partons de la formule de Gauss que nous écrivons, p représentant un entier positif et i et q des quantités quelconques, comme suit :

$$(2\pi)^{\frac{p-1}{2}}(ip+q)! = (i+\frac{q}{p})!\,(i+\frac{q-1}{p})!\ldots(i+\frac{q-p+1}{p})!\,p^{ip+q+\frac{1}{2}}. \quad (88)$$

Si l'on remplace dans cette formule p par $(n+1)$, q par zéro, on obtient

$$(2\pi)^{\frac{n}{2}}((n+1)i)! = i!\,(i-\frac{1}{n+1})!\,(i-\frac{2}{n+1})!\ldots(i-\frac{n}{n+1})!\,(n+1)^{(n+1)i+\frac{1}{2}};$$

si l'on se reporte alors à la définition de la fonction

$$\varphi(x_1, x_2, \ldots x_n; -\tfrac{1}{n+1}, -\tfrac{2}{n+1}, \ldots -\tfrac{n}{n+1}),$$

on trouve

$$\varphi = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}} \sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{(n+1)^{(n+1)i+\frac{1}{2}}}{((n+1)i)!}\, x_1^{-\frac{1}{n+1}+i} x_2^{-\frac{2}{n+1}+i} \ldots x_n^{-\frac{n}{n+1}+i},$$

ou

$$\varphi = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}\sqrt{n+1}}\, x_1^{-\frac{1}{n+1}} x_2^{-\frac{2}{n+1}} \ldots x_n^{-\frac{n}{n+1}} (e^{u\theta_1} + e^{u\theta_2} + \ldots + e^{u\theta_{n+1}}),$$

formule dans laquelle les θ sont les racines $(n+1)^{\text{ièmes}}$ de l'unité et u la quantité

$$u = (n+1)\sqrt[n+1]{x_1 x_2 \ldots x_n}.$$

Le théorème précédent n'est qu'un cas particulier d'une proposition générale qui se démontre par les mêmes moyens et en vertu de laquelle, lorsque les quantités $0, q_1, q_1 - q_2, \ldots, q_1 - q_n$ peuvent être ordonnées suivant m progressions arithmétiques de raison $\frac{1}{n+1}$, la fonction $\varphi_{q_1,\ldots q_n}$ s'exprime linéairement à l'aide des fonctions hyperbesséliennes d'ordre m.

Des considérations du même genre vont nous permettre de ramener aux

fonctions normales du type (81) les hyperbesséliennes de la forme générale (80) toutes les fois que les paramètres p sont rationnels. Faisons d'abord une remarque sur la formule de Gauss (88).

Lorsque q est un entier positif inférieur à p, l'un des nombres q, $q-1$, ..., $q-p+1$ est nul, alors au second membre de l'équation (88) figure nécessairement le facteur $i!$

Reprenons maintenant la formule (80) et supposons les fractions $p_1, \dots p_n$ réduites au même dénominateur, ou $p_1 = \frac{f_1}{g}$, $p_2 = \frac{f_2}{g}$, ... $p_n = \frac{f_n}{g}$. Partageons la série φ en g séries partielles $\sum_0$, $\sum_1, \dots \sum_{g-1}$, telles que dans $\sum_r$, par exemple, l'indice i parcoure toute la suite des nombres entiers congrus à r module g ; autrement dit pour $\sum_r$ on a $i = mg + r$, m étant un indice variable de 0 à ∞ tandis que g et r sont des entiers fixes dont le premier est plus grand que l'autre. Le diviseur du terme général de $\sum_r$ est évidemment

$$(mg+r)!\,(mf_1+q_1+rp_1)!\dots(mf_n+q_n+rp_n)!$$

et la remarque faite il y a un instant s'applique à son premier facteur. Si l'on décompose à nouveau les diverses factorielles par la formule de Gauss, on voit que $\sum_r$ prendra la forme normale et sera de l'ordre $f_1+f_2+\dots+f_n+g-1$; de la sorte la série φ se trouve décomposée en g fonctions hyperbesséliennes normales de l'ordre susdit. La réduction échoue quand $p_1, \dots p_n$ deviennent irrationnelles ; on a alors affaire à des transcendantes plus élevées ne vérifiant aucune équation différentielle linéaire à coefficients polynômes.

Fonctions associées. Nous nommerons *associée* de l'hyperbesséliennne normale $\varphi_{q_1, \dots q_n}$ toute fonction $\varphi_{q'_1, \dots q'_n}$ dont les indices diffèrent respectivement de $q_1, \dots q_n$ de quantités entières et positives, de sorte qu'on a

$$q'_1 = q_1 + m_1, \qquad q'_2 = q_2 + m_2, \qquad \dots \qquad q'_n = q_n + m_n,$$

$m_1, m_2 \dots m_n$ étant des entiers positifs. Nous allons faire voir que toute associée de $\varphi_{q_1, \dots q_n}$ s'exprime linéairement en fonction de φ et de ses dérivées jusqu'à un certain ordre avec des coefficients polynômes.

En effet si l'on combine convenablement les formules (82), on trouve

$$\varphi_{q_1, q_2, \dots q_i+1, \dots q_n} = x_i^{q_i+1} \frac{d}{dx_i}\left(x_i^{-q_i} \frac{d^{n-1}\varphi}{dx_1 dx_2 \dots dx_n}\right), \quad i = 1, 2, 3, \dots n \qquad (89)$$

où $\dfrac{d^{n-1}\varphi}{dx_1 dx_2 \ldots dx_n}$ représente la dérivée prise par rapport à toutes les variables, x_i excepté : à la place de cette dérivée on peut encore écrire

$$(\omega_1 + 1)(\omega_2 + 1) \ldots (\omega_n + 1)(x_1^{-1} x_2^{-1} \ldots x_n^{-1}\varphi) \quad .$$

et dans les produits $(\omega_1 + 1) \ldots (\omega_n + 1)$ et $x_1^{-1} x_2^{-1} \ldots x_n^{-1}$ l'indice i est de nouveau seul excepté. Reprenons les notations de la page (356) : nous trouvons successivement pour la $(n-1)^{\text{ième}}$ dérivée

$$x_i(\omega_1 + 1) \ldots (\omega_n + 1)(x^{-1}\varphi) \quad .$$

ou

$$x_i x_1^{l_1 - 1} x_2^{l_2 - 1} \ldots x_n^{l_n - 1}(\omega_1 + q_1)(\omega_2 + q_2) \ldots (\omega_n + q_n) f(x) \quad .$$

l'indice i étant toujours absent du produit symbolique, mais figurant au contraire dans l'expression $x_1^{l_1 - 1} x_2^{l_2 - 1} \ldots x_n^{l_n - 1}$. En substituant cette valeur de $d^{n-1}\varphi$ au second membre de l'équation (89), j'obtiens

$$x_1^{l_1 - 1} x_2^{l_2 - 1} \ldots x_i^{l_i} \ldots x_n^{l_n - 1} \omega_i(\omega_1 + q_1)(\omega_2 + q_2) \ldots (\omega_n + q_n) f(x) \quad .$$

ou enfin, en effaçant la distinction entre les divers ω, désormais inutile,

$$\varphi_{q_1, q_2, \ldots q_i + 1, \ldots q_n} = x_1^{q_1 - 1} x_2^{q_2 - 1} \ldots x_i^{q_i} \ldots x_n^{q_n - 1} \omega(\omega + q_1) \ldots (\omega + q_n) f(x) \quad ;$$

l'indice q_i est seul absent dans le polynôme $(\omega + q_1) \ldots (\omega + q_n)$. Si l'on revient enfin à la fonction $\varphi_{q_1, \ldots q_n}$, la formule précédente se dédouble en deux relatives l'une à l'indice q_1, l'autre aux indices $q_2, \ldots q_n$:

$$\varphi_{q_1 + 1, q_2, \ldots q_n} = (\omega - q_1)(\omega + q_2 - q_1) \ldots (\omega + q_n - q_1)\varphi_{q_1, \ldots q_n} \quad .$$

$$\varphi_{q_1, \ldots q_i + 1, \ldots q_n} = \frac{1}{x} \omega(\omega - q_1) \ldots (\omega + q_n - q_1)\varphi_{q_1, \ldots q_n} \qquad i \neq 1 \quad .$$

et dans le facteur symbolique de la dernière formule manque le terme $(\omega + q_i - q_1)$.

De la combinaison des deux formules précédentes résulte évidemment

$$\varphi_{q_1 + m_1, q_2 + m_2, \ldots q_n + m_n} = x^{\ldots} \ldots F(\omega)\varphi_{q_1, \ldots q_n} \quad .$$

formule dans laquelle $F(\omega)$ représente un polynôme du degré $N = m_1 + m_2 + \ldots + m_n$.

Or $F(s)z(x)$ est une expression linéaire en φ de la forme

$$a_0\varphi + a_1 x\varphi' + a_2 x^2\varphi'' + \ldots + a_N x^N \varphi^N \quad ,$$

qu'on peut évidemment réduire à l'ordre n en utilisant l'équation différentielle (85); elle devient alors

$$P_0\varphi + P_1\varphi' + \ldots + P_n\varphi^{(n)} \quad , \tag{90}$$

expression dans laquelle les coefficients P sont des polynômes en x. Quant à la fonction associée $\varphi_{q_1+m_1,\ldots q_n+m_n}$ elle-même, elle n'aura pas généralement la forme (90) à cause de la présence du facteur $x^{-m_2-\ldots-m_n}$; mais on ferait disparaître cette irrégularité, en même temps qu'on rétablirait la symétrie entre les paramètres q, si on considérait comme fonction hyperbessélienne normale, au lieu de $\varphi_{q_1,\ldots q_n}$, la fonction $\psi_{q_1,\ldots q_n}$ définie comme suit

$$\psi_{q_1,\ldots q_n} = x^{q_2+\ldots+q_n}\varphi_{q_1,\ldots q_n} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i x^{2i+q_1+q_2+\ldots+q_n}}{i!(q_1+i)!\ldots(q_n+i)!} \quad .$$

Cette fonction est telle que son associée $\psi_{q_1+m_1,\ldots q_n+m_n}$ a la forme

$$Q_0\psi + Q_1\psi' + \ldots + Q_n\psi^{(n)} \quad , \tag{91}$$

les polynômes Q dépendant du complexe d'indices $m_1, m_2, \ldots m_n$. Il est clair que ces polynômes vérifient un ensemble de récurrences identiques pour tous et analogues aux équations (33) et (34) du paragraphe (5); en outre on a

$$\lim(Q_0\psi + Q_1\psi' + \ldots + Q_n\psi^{(n)}) = 0$$

lorsqu'un ou plusieurs des indices $m_1, \ldots m_n$ deviennent infinis. Ces propriétés sont analogues à celles démontrées plus haut pour les fonctions de Bessel.

Représentation intégrale. Soient deux fonctions hyperbessséliennes normales quelconques $\varphi_{q_1,q_2,\ldots q_n}(x_1, x_2, \ldots x_n)$ ou φ_1, et $\varphi_{q'_1,q'_2,\ldots q'_n}(x_1', x_2', \ldots x_n')$ ou φ_2, les réduites de $\varphi_1(a_1x_1, x_2, \ldots x_n)$ et $\varphi_2(a_2x_1, x_2, \ldots x_n)$ sont respectivement

$$a_1^{q_1}x_1^{q_1}\ldots x_n^{q_n}e^{a_1x_1x_2\ldots x_n} \qquad \text{et} \qquad a_2^{q'_1}x_1^{q'_1}\ldots x_n^{q'_n}e^{a_2x_1\ldots x_n} \quad :$$

le produit de ces réduites par le facteur $x_1 x_2 \dots x_n$ est égal à

$$a_1^{q_1} a_2^{q'_1+1} x_1^{q_1+q'_1+1} x_2^{q_2+q'_2+1} \dots x_n^{q_n+q'_n+1} e^{(a_1+a_2)x_1 x_2 \dots x_n} .$$

ce qui est la réduite de la fonction hyperbessélienne

$$\frac{a_1^{q_1} a_2^{q'_1}}{(a_1+a_2)^{q_1+q'_1+1}} \varphi_3\big((a_1+a_2)x_1, x_2, \dots x_n\big)$$

aux indices $q_1+q'_1+1, q_2+q'_2+1, \dots q_n+q'_n+1$. Ainsi en désignant par $y_1, \dots y_n$ des variables d'intégration, remplaçant $x_2, x_3, \dots x_n$ par l'unité et x_1 par x, puis faisant usage d'un théorème connu, nous avons l'identité

$$\frac{a_1^{q_1} a_2^{q'_1}}{(a_1+a_2)^{q_1+q'_1+1}} \varphi_3\big((a_1+a_2)x, 1, \dots 1\big)$$

$$= \int_0^x dy_1 \int_0^1 \int_0^1 \dots \int_0^1 \varphi_1(a_1 y_1, y_2, \dots y_n) \varphi_2\big(a_2(x-y_1), (1-y_2), \dots (1-y_n)\big) dy_2 \dots dy_n .$$

de laquelle va résulter une représentation intégrale commode pour la fonction hyperbessélienne φ. Faisons en effet $a_1 = 1$ et a_2 infiniment petit : nous avons en égalant les termes de degré minimum,

$$q'_1! q'_2! \dots q'_n! \varphi_3(x) = \int_0^x \int_0^1 \dots \int_0^1 dy_1 dy_2 \dots dy_n \varphi_1(y_1, y_2, \dots y_n)(x-y_1)^{q'_1}(1-y_2)^{q'_2} \dots (1-y_n)^{q'_n} .$$

Enfin si l'on prend pour φ_1 la fonction λ aux indices

$$q_1 = -\frac{1}{n-1}, \quad q_2 = -\frac{2}{n-1}, \quad \dots \quad q_n = -\frac{n}{n+1}$$

que nous avons vue s'exprimer par des exponentielles, puis qu'on fasse

$$q'_1 = \nu_1 - 1 - \frac{1}{n-1}, \quad q'_2 = \nu_2 - 1 + \frac{2}{n+1}, \quad \dots \quad q'_n = \nu_n - 1 + \frac{n}{n+1} ;$$

on finit par obtenir, $\nu_1, \nu_2, \dots \nu_n$ étant quelconques,

$$q'_1! q'_2! \dots q'_n! \varphi_{\nu_1, \dots \nu_n}(x) = \int_0^x \int_0^1 \dots \int_0^1 dy_1 \dots dy_n \lambda(y_1, y_2, \dots y_n)(x-y_1)^{q'_1}(1-y_2)^{q'_2} \dots (1-y_n)^{q'_n} . \quad (92)$$

On pourrait déduire de cette formule un théorème général visant la possibilité d'une représentation intégrale pour toute transcendante entière qui satisfait une équation différentielle linéaire à coefficients polynômes et dont les termes ne sont que de deux poids différents.

Laissant de côté cette propriété facilement démontrable je remarque que, dans le cas des fonctions hyperbesséliennes, le nombre des intégrales définies qui figurent dans la formule générale (92) peut souvent être abaissé de plusieurs unités. Par exemple si nous envisageons la fonction

$$f_{p,q}(x) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^{pi+q}}{i!(pi+q)!} \quad .$$

et sa réduite $f^{x}_{p,q} = x^q e^{x^p}$, on conclut aisément l'équation

$$\int_0^x f_{p,q}(az) f_{p,q'}\big(b(x-z)\big)\,dz = \frac{a^q b^{q'}}{(a^p+b^p)^{\frac{q+q'+1}{p}}} f_{p,q+q'+1}(x\sqrt[p]{a^p+b^p}) \quad ,$$

qui devient pour $a=1$ et b très petit

$$\int_0^x f_{p,q}(z)(x-z)^{\nu-q-1}\,dz = (\nu-q-1)!\,f_{p,\nu}(x) \quad .$$

formule par laquelle toutes les fonctions telles que $f_{p,\nu}$ se trouvent exprimées à l'aide d'une seule d'entre elles.

La grande importance de la représentation intégrale (92) réside dans ce fait qu'elle peut servir à l'évaluation approchée de la fonction hyperbessélienne quand la variable s'éloigne à l'infini, suivant un azimut quelconque, problème inabordable si l'on part de la série qui constitue la définition primitive de nos fonctions. Pour ne pas allonger outre mesure nous nous bornerons à indiquer d'une manière sommaire la solution de ce problème dans le cas $n=2$ qui suffit pour faire apprécier la généralité de la méthode.

Soit donc $\varphi = \sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{x^{i+q}}{i!(i+q)!(i+q')!}$, ou d'après la représentation intégrale (92)

$$\frac{x^q}{2\pi\sqrt{3}\,(q-\frac{2}{3})!\,(q'-\frac{1}{3})!} \int_0^1\int_0^1 \left(e^{3\sqrt[3]{xuz}} + e^{3j\sqrt[3]{xuz}} + e^{3j^2\sqrt[3]{xuz}}\right) \frac{(1-z)^{q-\frac{2}{3}}(1-u)^{q'-\frac{1}{3}}}{\sqrt[3]{zu^2}}\,du\,dz \ , \quad (93)$$

j représentant une des racines cubiques imaginaires de l'unité. La formule précédente s'écrit encore

$$\varphi = \frac{x^{q+q'-\frac{2}{3}}\sqrt{3}}{2\pi(q-\frac{2}{3})!(q'-\frac{1}{3})!}\left[\Phi(3\sqrt[3]{x}) + \Phi(3j\sqrt[3]{x}) + \Phi(3j^2\sqrt[3]{x})\right] .$$

en faisant

$$\Phi(x) = \frac{1}{3}\int_0^1\int_0^1 e^{x\sqrt[3]{uz}}(1-z)^{q-\frac{2}{3}}\frac{(1-u)^{q'-\frac{1}{3}}}{\sqrt[3]{uz^2}}\,du\,dz \quad . \qquad (94)$$

Au lieu de chercher la valeur asymptotique de $\varphi(x)$ il revient donc au même de déterminer celle de $\Phi(x)$. Celle-ci s'obtient aisément en changeant quelque peu la forme de l'intégrale double. Faisons la transformation

$$u = \xi^3 + (1-\xi^3)\eta \qquad uz = \xi^3 \quad .$$

d'où résulte

$$u(1-z) = (1-\xi^3)\eta \qquad 1-u = (1-\xi^3)(1-\eta) \qquad u\,du\,dz = 3\xi^2(1-\xi^3)d\xi\,d\eta ,$$

et, les limites restant 0 et 1,

$$\Phi(x) = \int_0^1 e^{x\xi}\psi(\xi)\,d\xi \quad .$$

avec

$$\psi(\xi) = (1-\xi^3)^{q+q'}\varphi(\xi) \quad . \qquad \varphi(\xi) = \xi^2\int_0^1 \frac{\eta^{q-\frac{2}{3}}(1-\eta)^{q'-\frac{1}{3}}\,d\eta}{(\xi^3+(1-\xi^3)\eta)^{q+q'}} \quad .$$

Remarquons que cette fonction $\varphi(\xi)$ reste constamment finie et positive entre $\xi=0$ et $\xi=1$, limites comprises. En effet pour $\xi=1$ elle vaut $\frac{(q-\frac{2}{3})!(q'-\frac{1}{3})!}{(q+q')!}$; pour $\xi=0$ elle prend une forme indéterminée, mais sa vraie valeur est finie : car si l'on pose $a=\frac{\xi^3}{1-\xi^3}$ et $\eta=a\eta'$, $\varphi(\xi)$ devient

$$(1-\xi^3)^{q+\frac{1}{3}}\varphi(\xi) = \int_0^{\frac{1}{a}} \frac{\eta'^{q-\frac{2}{3}}(1-a\eta')^{q'-\frac{1}{3}}}{(1+\eta')^{q+\frac{2}{3}}}\,d\eta' \quad .$$

d'où l'on tire pour $\xi = 0$

$$\mu(0) = \int_0^\infty \frac{x'^{\,q-\frac{2}{3}}\,dx'}{(1+x')^{q+\frac{2}{3}}} = \frac{(q-\frac{2}{3})!\,(q'-\frac{2}{3})!}{(q-\frac{1}{3})!} \quad .$$

Nous poserons encore $\mu(\xi)(1+\xi+\xi^2)^{q+q'} = \sigma(\xi)$, ce qui donne $\nu(\xi) = (1-\xi)^{q+q'}\sigma(\xi)$: cette fonction σ est finie et ses valeurs extrêmes sont $\sigma(1) = 3^{q+q'}\mu(1)$ et $\sigma(0) = \mu(0)$. Passons maintenant à la recherche de la valeur asymptotique de $\Phi(x)$ et distinguons à cet effet divers cas.

Premier cas. Soient $x = \rho e^{i\alpha}$, le module ρ augmentant à l'infini tandis que l'angle α est aigu ou $\cos\alpha > 0$. On a

$$\Phi(x) = \int_0^1 e^{x\xi}(1-\xi)^{q+q'}\sigma(\xi)\,d\xi \quad :$$

en faisant la substitution $\xi = 1 - \frac{z}{\rho}$, on obtient

$$\Phi(x) = \frac{e^x}{\rho^{q+q'+1}} \int_0^\rho e^{-z(\cos\alpha + i\sin\alpha)} z^{q+q'} \sigma\left(1-\frac{z}{\rho}\right) dz \quad .$$

ce qui donne pour $\rho = \infty$

[1]) $$\Phi(x) \approx (q+q')!\,3^{q+q'}\mu(1)\,\frac{e^x}{x^{q+q'+1}} \quad .$$

Deuxième cas. Soient $x = \rho e^{i\alpha}$, $\rho = \infty$, $\cos\alpha < 0$. Remplaçons dans $\Phi(x)$ la variable ξ par $-\frac{z}{\rho\cos\alpha}$, il vient

$$\Phi(x) = -\frac{1}{\rho\cos\alpha} \int_0^{-\rho\cos\alpha} e^{-z(1+i\,tg\,\alpha)} \nu\left(-\frac{z}{\rho\cos\alpha}\right) dz \quad .$$

dont la limite est

$$-\frac{1}{\rho\cos\alpha}\,\frac{\nu(0)}{1+i\,tg\,\alpha} \quad :$$

ainsi

$$\Phi(x) \approx -\frac{\mu(0)}{x} \quad .$$

[1] Nous désignons, suivant l'usage, une égalité asymptotique par le signe $\approx$.

Troisième cas. Soient $x = i\rho$ ou $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $\rho = \infty$. Si nous voulions traiter ce cas dans sa généralité, quelques longueurs seraient nécessaires; nous les éviterons en supposant négative et supérieure à -1 la somme $q + q'$, le cas contraire pouvant être réduit à celui-ci au moyen d'intégrations par parties.

On a dès lors

$$\Phi(x) = \int_0^{\infty} e^{i\rho\xi} \varphi(\xi) d\xi \quad ,$$

ce qui peut encore s'écrire, en remplaçant ξ par $1 - \frac{z}{\rho}$ et $\varphi(\xi)$ par $(1-\xi)^{l+l'}\sigma(\xi)$, sous la forme

$$\Phi(x) = \frac{e^{i\rho}}{\rho^{l+l'+1}} \int_0^{\infty} e^{-iz} z^{l+l'} \sigma\left(1 - \frac{z}{\rho}\right) dz \quad .$$

Or, en vertu de l'hypothèse admise tout à l'heure, les intégrales

$$\int_0^{\infty} \cos z \, z^{l+l'} dz \qquad \text{et} \qquad \int_0^{\infty} \sin z \, z^{l+l'} dz$$

ont chacune un sens et en les désignant pour abréger par A et B, nous avons

$$\Phi(x) \sim \frac{e^{i\rho}}{\rho^{l+l'+1}} (A - iB) 3^{l+l'} \varphi(1) \quad .$$

Quatrième cas. Soient $x = -i\rho$ ou $\alpha = -\frac{\pi}{2}$ et $\rho = \infty$. La même méthode est évidemment applicable et l'on a en changeant le signe de i

$$\Phi(x) \sim \frac{e^{-\rho}}{\rho^{l+l'+1}} (A + iB) 3^{l+l'} \varphi(1) \quad .$$

De ces divers théorèmes résulte que la série

$$1 - \frac{1}{1.(q+1)(q-1)} \frac{x^3}{27} + \frac{1}{1.2.(q+1)(q+2)(q-1)(q-2)} \left(\frac{x^3}{27}\right)^2 \cdots$$

a comme expression asymptotique, pour x positif très grand, la quantité

$$A \frac{e^{\frac{x}{2}}}{x^{l+l'+1}} \cos\left(\frac{x\sqrt{3}}{2} + \alpha\right) \quad ,$$

A et α étant deux constantes qui dépendent de q et q'. Le phénomène de la pério-

dicité à l'infini, si remarquable pour les fonctions de Bessel, reparaît donc ici avec ses conséquences, l'existence d'une infinité de racines réelles par exemple ; il y faut relever toutefois cette circonstance nouvelle d'une amplitude indéfiniment croissante avec x.

Je termine en remarquant que les nombres q et q' sont soumis dans ce paragraphe à une limitation destinée à assurer la convergence des intégrales ; le lecteur n'aura pas de peine à assigner les valeurs extrêmes qui en résultent pour ces quantités.

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1903

PAR

M. Paul van BERCHEM

Messieurs et honorés Collègues,

En venant vous rendre compte de l'activité de notre Société pendant l'exercice écoulé, je commencerai suivant l'usage par vous donner quelques renseignements sur les questions administratives; puis, après avoir rappelé la vie et les travaux des membres dont nous avons eu à déplorer la perte, je résumerai brièvement les travaux qui nous ont été présentés pendant les seize séances que nous avons tenues cette année. Je rappelle que le bulletin plus complet de nos séances paraît dans les Archives des Sciences physiques et naturelles.

Au mois de janvier, vous avez appelé à la vice-présidence M. le Dr Auguste Wartmann qui occupera la présidence cette année, vous avez nommé M. Arnold Pictet trésorier pour remplacer M. le Dr Wartmann qui quitte ces fonctions après

les avoir remplies pendant 12 ans avec tant de dévouement. MM. Penard et Augustin de Candolle ont remplacé au comité de publication MM. M. Bedot et J. Briquet, membres sortants.

Nous avons élu membres ordinaires M. René de Saussure et M. le professeur Emile Yung. Le comité de publication a reçu trois associés libres, MM. les Drs Adrien Jacquerod, Georges Darier, Johan Karl. Deux savants étrangers ont été nommés membres honoraires, MM. les professeurs René Blondlot à Nancy et Walther Spring à Liège.

D'autre part, nous avons eu la douleur de perdre un de nos membres ordinaires, M. Alphonse Pictet, un de nos associés libres, M. Théodore de Saussure et un de nos membres honoraires, M. Theodor von Heldreich dont le décès survenu en 1902 n'était pas parvenu à notre connaissance au moment où le dernier rapport présidentiel vous a été présenté.

Comme d'habitude nous nous sommes fait représenter à la session annuelle de la Société helvétique des Sciences naturelles qui s'est tenue à Locarno cette année. MM. L. de la Rive et Ch. Soret ont bien voulu se charger de ce mandat. Votre président s'est rendu aux invitations que nous avons reçues de la Société vaudoise des Sciences naturelles pour sa réunion annuelle qui a eu lieu cette année à Caux et de l'Institut national genevois pour le banquet en l'honneur du cinquantenaire de sa fondation. Nous avons également reçu une invitation de la Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur pour la célébration de son centenaire que la distance ne nous a pas permis d'accepter.

Le troisième fascicule du tome 34 de nos mémoires a paru cette année. Il contient le rapport présidentiel pour 1902 et le dernier mémoire de notre regretté collègue Marc Micheli intitulé: Légumineuses récoltées dans les états mexicains de Michoacan et de Guerrero par Eugène Langlassé. Le quatrième fascicule actuellement sous presse renfermera le rapport pour 1903 et le mémoire de M. le professeur Cailler sur les fonctions de Bessel.

Nous tenons à rappeler les hommages qui ont été rendus cette année à trois de nos membres ordinaires. MM. H. de Saussure et P. de Loriol ont été nommés Docteurs honoris causa par la faculté des Sciences de notre université. Celle-ci a tenu à reconnaître par là les services rendus à la science par ces deux savants. Le jubilé de 30 ans d'activité scientifique de M. le professeur Graebe a été fêté à Cassel le 20 septembre dernier et nombreux sont les membres de notre société qui ont tenu à s'associer à cette manifestation. Nous avons également envoyé un télégramme de félicitations à M. le professeur Hagenbach à Bâle, membre honoraire, à l'occasion de l'anniversaire de ses 75 ans.

Votre comité de publication a tenu 6 séances. La principale question dont il a eu à s'occuper est celle de la revision de notre convention avec le Conseil administratif de la Ville de Genève. Le nouveau projet qui vous a déjà été soumis doit recevoir incessamment votre approbation définitive. Nous rappelons que l'ancienne convention date de 1855 et qu'elle stipule la remise à la bibliothèque publique de toutes les publications que nous recevons à titre d'échange ou de dons contre une somme annuelle de 1200 francs. Cette remise se faisait d'abord à la fin de chaque année, puis semestriellement et plus dernièrement encore à la fin de chaque trimestre. Les membres de la Société conservaient pendant ce délai le droit de prendre à domicile toutes les publications que nous recevions. La modification projetée consiste en résumé à renoncer à ce dernier droit et à faire nos remises à la bibliothèque de suite après chacune de nos séances. Comme contre partie, nos membres ordinaires et associés libres auront un accès gratuit à la nouvelle salle des périodiques que la Ville construit actuellement en annexe de la bibliothèque publique et où les publications que nous lui remettons seront déposées. Ils auront en outre le droit de prendre à domicile les volumes de la bibliothèque, sous la réserve pour les publications nouvelles du délai réglementaire pendant lequel celles-ci devront rester déposées à la salle des périodiques. Il est évident que la somme de 1200 fr. que nous continuerons à recevoir est modeste en regard de la valeur de notre apport, valeur qui, difficile à évaluer, peut bien atteindre 5 à 6000 fr. Il faut espérer que le jour n'est pas éloigné où la Ville pourra tenir compte dans une juste mesure de l'augmentation considérable de notre apport depuis 1855.

Il ne sera pas inutile de rappeler à ce propos que le nombre des associations savantes avec lesquelles nous échangions nos publications et qui s'élevait à 43 en 1836, avait été porté en 1854, au moment où notre dernière convention était faite avec la Ville, à 68. Il monte à 234 sur la liste publiée dans nos mémoires en 1902. Avec les nouveaux échanges intervenus dès lors, le chiffre des associations correspondantes arrive aujourd'hui à 242.

A côté des échanges réguliers, notre société a reçu divers ouvrages de la part de plusieurs personnes. Nous tenons à remercier ici tous ces donateurs [1].

Une autre question a été posée au comité de publication, c'est celle de savoir s'il conviendrait de faire une place à part dans nos séances aux principales branches de la science. Cette modification de nos usages peut, à côté de ses avantages, présenter quelques inconvénients. Elle entrainerait en tous cas une revision de notre

[1] La liste en sera publiée dans un prochain fascicule de nos mémoires, à la suite d'une liste complète des périodiques que notre Société reçoit par voie d'échange.

règlement et nous ne pourrions entrer dans cette voie qu'après mûre délibération. L'examen de cette idée incombera à votre nouveau comité, mais il serait à désirer que chacun de nous y réfléchisse et examine dans quelle mesure il serait possible de faire droit au désir exprimé sans aboutir à une destruction de l'unité de notre société.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

ALPHONSE PICTET

Né en 1838, Alphonse Pictet était fils du professeur François-Jules Pictet dont les travaux ont fait honneur à la science genevoise et que notre société s'honore d'avoir compté au nombre de ses membres. Il était frère d'Edouard Pictet qui a fait également partie de notre société. Alphonse Pictet se destinait aux affaires, mais diverses circonstances le détournèrent de cette carrière. Resté veuf très peu de temps après son mariage, il vécut dès lors très retiré. Pour se distraire de son chagrin, il entreprit en 1872, avec l'un de ses amis, un voyage aux Indes et effectua son retour par le golfe Persique et la Mésopotamie, trajet très peu fréquenté à cette époque. Il a laissé un récit détaillé de cette expédition, mais qu'il n'a jamais voulu publier. Bien qu'il y eût déjà un service de bateau à vapeur qui remontait le Tigre, son journal dit : « Le passage d'un Européen à Bagdad est chose rare, cela fait époque et pendant longtemps l'on parle de tel ou tel comme d'un événement extraordinaire. Très intéressants sont les récits de ses courses aux ruines de Ctésiphon et de Babylone, ainsi que celui du voyage à cheval, qui en 24 jours et en longeant l'Euphrate, le ramena de Bagdad à Alep. Les descriptions sont vivantes : campements sous la tente, chamsin, chevauchées la nuit pour éviter la grande chaleur, mirages, grandes hordes d'Arabes nomades avec des troupeaux innombrables, rappelant le temps des patriarches, tous ces petits tableaux permettent aisément de suivre le voyageur sur cet itinéraire peu connu alors, et où la locomotive fera peut-être entendre son sifflet d'ici à quelques années.

Grand amateur de chasse et d'alpinisme, Alphonse Pictet ne se voua que sur le tard aux sciences naturelles, encouragé et guidé dans cette voie par son ami et parent, M. Henri de Saussure. Il entreprit dès lors avec ce dernier, ou avec d'autres savants comme M. Brunner de Wattenwyl, des voyages scientifiques en Espagne,

aux Iles Canaries, en Afrique et en Serbie, ne craignant ni la chaleur, ni le manque total de confort. Les résultats de ces expéditions ont été en partie publiés. Il a donné dans nos mémoires en 1888, un travail sur les Locustides nouveaux ou peu connus du musée de Genève. Puis en collaboration avec M. H. de Saussure : Catalogue d'Acridiens (Bull. de la Soc. entomologique suisse, 1887). De quelques orthoptères nouveaux, Pomphagiens, Sténopelmatiens et Gryllacriens (Bull. de la Soc. entomologique suisse, 1891). Iconographie de quelques sauterelles vertes (br. in-4°, Genève, 1892). Partie des Insectes orthoptères de la Biologia Centralo-Americana comprenant la Famille des Locustides, Londres, 1899 (Edité par Godman).

Pictet fit partie de la Commission du musée d'histoire naturelle de Genève, depuis 1890 et porta grand intérêt à cette institution. Depuis quelques années la maladie était venue interrompre ses travaux et l'avait obligé à renoncer à bien des occupations qui lui étaient chères. Elle l'a emporté le 23 août 1903, après des mois de souffrance vaillamment supportées qui ont fait ressortir une fois de plus l'endurance qui le caractérisait et qui faisait de lui un Genevois de vieille roche.

THEODOR VON HELDREICH

Théodor von Heldreich, né à Dresde le 3 mars 1822, fit ses études à l'Université de Fribourg en Brisgau. Il se consacra à la botanique sous la direction du professeur Dunal à Montpellier en 1837 et sous celle de Aug.-Pyr. de Candolle et Alphonse de Candolle à Genève de 1838 à 1842. Après un premier voyage botanique en Sicile, il entrait comme conservateur de l'herbier de Candolle en mai 1841, pour quitter cette place l'année suivante au mois de juillet. Dans la première lettre d'une correspondance avec Edmond Boissier, lettre datée de septembre 1843, Heldreich raconte comment après avoir quitté M. de Candolle un peu légèrement, et avoir vu, pendant une année passée en Italie, s'évanouir différentes perspectives d'avenir, il vient d'arriver à Athènes où son père compte s'établir pour faire de l'agriculture avec lui. « Il ne me reste rien de mieux à faire, car après tant de calamités, vous concevez bien, Monsieur, que c'en est fait pour moi de la botanique comme carrière et heureusement la science n'y perdra pas beaucoup. Cependant je ne pourrais cesser d'aimer avec passion cette belle science et de la continuer au moins comme amateur. » Mais il ne peut se résoudre à cet abandon et plus loin il revient à l'espoir : « Si vous ne connaissez pas de place pour moi, faites-moi voyager, vous seul ou en vous asso-

ciant à d'autres botanistes, envoyez-moi dans un pays quelconque, j'irai partout, je ferai tout pour l'amour de la science et dussé-je succomber. » Et il propose la Grèce, la Crète, l'Asie mineure, montre combien il y a encore à récolter dans ces pays, qu'il est sur place et connait la langue. On le voit, la vocation d'Heldreich était bien marquée, il saisira la première occasion de la suivre. Le jeune botaniste n'eut pas longtemps à attendre, dans sa seconde lettre, un mois plus tard, sa satisfaction est complète, il a reçu une réponse favorable. En 1844, il parcourut la Grèce et nous le retrouvons en Asie mineure l'année suivante. Ses voyages exécutés principalement pour le compte de Boissier, se succèdent jusqu'en 1848. En 1849 et 1850, il visita l'Angleterre et fut pendant un an conservateur de l'herbier de Ph. Barker Webb. A partir de 1851, sa résidence est définitivement fixée à Athènes, et il occupe la place de directeur du jardin botanique qu'il gardera jusqu'en 1898. Rayonnant de là presque chaque année, ses études portent sur la flore des pays qu'il avait désiré si ardemment pouvoir explorer. Ses herborisations ont amené la découverte de 700 espèces et de 7 genres nouveaux. 70 espèces lui ont été dédiées principalement par Boissier dont il fut l'un des importants collaborateurs pour les Diagnoses Plantarum Orientalium (1842-59), et la Flora Orientalis (1867-88). C'est également avec les matériaux rapportés de ces voyages qu'il a constitué son Herbarium Græcum Normale auquel il a travaillé jusqu'à sa mort.

Mentionnons parmi ses principaux ouvrages: Nutzpflanzen Griechenlands (1862), Sertulum plantarum novarum Floræ Hellenicæ (1876), die Pflanzen der attischen Ebene (1877), Monographien der Liliaceen Gattung Leopoldia (1878), une flore de l'île de Céphalonie (1882), et une flore de l'île d'Egine. La partie botanique de la description physique de l'île de Crète de Raulin est en grande partie son œuvre.

L'activité d'Heldreich ne s'est point confinée dans la botanique. Il était un de ces rares naturalistes qui avait trouvé moyen de se livrer à des recherches personnelles dans d'autres branches encore que la sienne. C'est ainsi qu'il était devenu une autorité en grec moderne, ainsi que le prouvent ses Studien über neugriechische Vulgärnamen et ses études des plantes d'Homère publiées en grec moderne (1895). Il collaborait aussi depuis 1889 au grand dictionnaire encyclopédique de grec moderne édité par Barth et Hirst pour la botanique et la pharmagnosie, science dont il s'est également beaucoup occupé.

Pendant qu'il occupait le poste de directeur du musée d'histoire naturelle de l'université d'Athènes de 1858 à 1883, il en a fondé les sections zoologiques, paléontologiques et botaniques. Ses études pendant cette époque ont porté également sur la zoologie et plus spécialement sur l'entomologie, la malacologie et la

paléontologie. C'est ainsi qu'on lui doit une faune de Grèce (vertébrés). Même les antiquités préhistoriques ne lui étaient point étrangères.

Après avoir professé l'histoire naturelle dans différents lycées d'Athènes, il avait été désigné pour donner cet enseignement au prince héritier et aux deux princes Georges et Nicolas. Peu après, en automne 1882 ou 1883, la fidèle amitié qui l'unissait depuis si longtemps à Ed. Boissier, l'amena à Valleyres.

Membre de nombreuses sociétés savantes, c'est à la même époque, en 1883, que notre société avait tenu à reconnaître sa collaboration avec les botanistes genevois en l'élisant membre honoraire. Cette collaboration ne fut point interrompue par la mort d'Ed. Boissier, car Heldreich continua dès lors ses relations et sa correspondance avec M. W. Barbey et l'Herbier Boissier, et cela jusqu'à sa mort. Il s'est éteint à Athènes le 17 septembre 1902, peu après avoir fêté son 80me anniversaire.

Théodore de Saussure, né en 1824, décédé le 4 août 1903, était le doyen de nos associés libres sur la liste desquels il figurait depuis 1860. Il était petit-neveu d'Horace-Bénédict de Saussure. Son activité s'est surtout exercée dans la Société des Arts, cette doyenne des sociétés intellectuelles genevoises, dans l'immeuble de laquelle nous tenons nos séances. Il a été longtemps l'âme de cette société. Après l'avoir présidée pendant 28 ans, il en fut nommé président d'honneur. Peintre amateur, ami des arts, il s'est intéressé à tout ce qui les concernait. C'est ainsi qu'il a été l'un des fondateurs de la Société suisse des Beaux-Arts et de la Société suisse pour la conservation des monuments historiques.

On trouvera dans le discours du président de la Société des Arts de février 1904 une notice nécrologique complète due à la plume compétente de M. L. de Candolle.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Géographie physique et météorologie.

M. A. Brun a présenté à la Société des photographies de glaciers du Spitzberg qu'il a prises en 1902 et attiré l'attention sur quelques faits qu'elles font ressortir.

M. le professeur DUPARC a communiqué les premiers résultats du travail entrepris sous sa direction par M. E. BOURCART sur la composition chimique des eaux et des vases des lacs de montagne. Ces recherches montrent la très grande diversité de composition de l'eau suivant les conditions géologiques du bassin d'alimentation de ces différents lacs.

Physique.

M. Th. TOMMASINA a fait une communication relative à quelques notions physiques fondamentales pour la théorie mécanique de l'électricité.

Le même a constaté qu'un champ tournant électromagnétique était produit par une modification hélicoïdale des stratifications dans un tube à air raréfié.

Le même a exposé un travail sur l'éther-électricité, et la constante électrostatique de gravitation ou aperçu d'une théorie électronique des radiations et de la gravitation universelle.

Le même a revendiqué la priorité pour la construction du premier type de cohéreur auto-décohérent à goutte de mercure entre électrodes métalliques. Ce type est celui qui a servi à M. Marconi pour ses premiers signaux à travers l'Atlantique, et l'auteur nous en avait nanti déjà le 3 mai 1900.

Le même a répété l'expérience qui consiste à faire scintiller un peu de sulfure de zinc quand celui-ci est chargé de traces de sel de radium et décrit les quelques observations qu'il a pu faire dans ces conditions.

M. le professeur Ch. E. GUYE a présenté un appareil de démonstration relatif à la propagation des mouvements ondulatoires. Il repose sur l'analogie entre le mode de propagation des ondes qui se forment à la surface d'une nappe liquide et celui des ondes sonores, lumineuses ou électromagnétiques et consiste en un plateau de bois contenant du mercure sur les bords duquel on dispose quatre rangées de clous distants de 5^{mm} qui suffisent à absorber les ondes réfléchies dont la présence, sans cela, troublerait l'expérience.

Le même a donné les résultats préliminaires de recherches sur la lampe à arc au mercure et indiqué les causes probables de la force électromotrice de l'arc voltaïque jaillissant entre des amalgames.

Le même en collaboration avec M. B. MONASCH a exposé les résultats de son travail sur le fonctionnement de l'arc de très faible intensité jaillissant entre électrodes métalliques. Les expériences ont porté sur les corps suivants: C, Mg, Cd, Fe, Ni, Cu, Ag, Pt, Au. Il en résulte que la tension nécessaire pour maintenir un arc

de longueur et d'intensité données, est d'autant plus grande que le poids atomique du métal des électrodes est plus élevé. Seul le Cd a fait exception à cette règle.

Le même a entretenu la Société de ses recherches en collaboration avec M. BENI HERZFELD sur l'hystérésis magnétique aux fréquences élevées. Elles montrent qu'en employant des fils suffisamment fins, l'énergie dissipée dans un cercle d'aimantation est indépendante de la rapidité avec laquelle ce cycle est parcouru.

Le même a donné les résultats préliminaires des mesures qu'il a effectuées en collaboration avec M. FORNARO sur la variation résiduelle du second module d'élasticité de l'acier invar soumis à des variations de température. La méthode employée est basée sur l'observation des coïncidences de deux fils identiques oscillant sous l'action de la torsion.

M. le Prof. HENRI DUFOUR a fait part de ses observations sur l'intensité du rayonnement solaire pendant les premiers mois de 1903. Elles montrent une diminution sensible de la valeur thermique de la radiation solaire. L'auteur se demande s'il ne faut pas voir la cause de cette diminution dans la présence de poussières projetées dans l'atmosphère par l'éruption de la Montagne Pelée.

M. le professeur KR. BIRKELAND a exposé ses vues sur la théorie de l'aurore boréale d'après lesquelles les bandes sont produites par des courants électriques dans la haute atmosphère parallèles à la surface terrestre.

M. R. DE SAUSSURE à deux reprises successives a développé une hypothèse sur la constitution géométrique de l'éther, ayant pour but la réduction des unités mécaniques à des grandeurs géométriques. Des trois unités fondamentales de la mécanique, le temps, la force et l'espace, deux d'entre elles, le temps et l'espace, ont un caractère purement géométrique, la première est une grandeur à une dimension, la seconde est une grandeur à trois dimensions. L'auteur examine ce qu'il advient si l'on considère la force comme une grandeur géométrique à deux dimensions. Cette hypothèse introduit de grandes simplifications dans l'expression des unités dérivées électriques ou magnétiques.

Le même a annoncé son intention de faire quelques essais avec un propulseur aérien dont l'organe moteur serait constitué par un hélicoptère auquel outre son mouvement de rotation on imprimerait un mouvement alternatif de translation.

M. L. DE LA RIVE a traité l'ellipsoïde d'élasticité dans le cas où les forces élastiques principales ne sont pas toutes de même sens et où la surface tangentielle est un hyperboloïde.

Chimie.

M. le professeur Ph. A. GUYE en collaboration avec Mlle HOMPHRY a fait des mesures d'ascensions capillaires sur les dérivés amyliques et maliques qui ont fourni comme coefficient de température des valeurs comprises entre 3 et 4.

Le même en collaboration avec M. RENARD a montré que les mesures d'ascension capillaire peuvent être effectuées dans l'air avec la même précision que dans le vide, ce qui simplifie considérablement le mode opératoire.

Le même a communiqué un travail sur la théorie du fonctionnement des électrolyseurs à diaphragmes et sur son application à l'électrolyse du chlorure de sodium. Les résultats d'expériences industrielles ont confirmé les conclusions pratiques qui se déduisent de cette théorie.

M. le professeur Amé PICTET a rendu compte de la suite de ses recherches sur les acides organo-minéraux. Elles ont porté sur les acides acéto-sulfurique, acéto-chromique, acéto-phosphorique et acéto-borique. Toutes ces substances sont des anhydrides mixtes de propriétés assez semblables, décomposés par l'eau et réagissant avec les alcools en mettant l'acide minéral en liberté.

Le même en collaboration avec M. A. ROTSCHY a étudié la nicotine inactive et son dédoublement. Les trois modifications optiques de la nicotine, prévues par la théorie, ont pu être préparées et obtenues par synthèse complète à partir des éléments.

M. A. JAQUEROD en collaboration avec M. WASSMER a déterminé les points d'ébullition de la naphtaline, du biphényle et de la benzophénone sous diverses pressions en utilisant un thermomètre à hydrogène à volume constant.

M. le professeur L. DUPARC a fait entreprendre à plusieurs de ses élèves une série de recherches sur l'action des solutions des sels alcalins et alcalino-terreux sur les carbonates, phosphates, sulfates et chlorures insolubles. Il a communiqué les résultats préliminaires obtenus avec M. GOGUÉLIA, en faisant agir les chlorures alcalins en solution, sur les carbonates insolubles de la formule RCO^3.

Le même a fait part des premiers résultats d'un travail entrepris en collaboration avec M. J. BARTH sur le dosage colorimétrique du fer et les méthodes colorimétriques en général. Après avoir constaté expérimentalement les insuffisances de l'appareil de Jones pour doser cliniquement le fer dans le sang, les auteurs ont fait construire un appareil basé sur un principe différent et en donnent la description.

Minéralogie. Géologie.

M. PEARCE présente une étude sur quelques phénomènes en lumière convergente qu'il désigne sous le nom de courbes obscures et à l'aide desquels il montre qu'on pourrait déterminer le signe optique des cristaux biaxes sur une section parallèle au plan des axes optiques.

M. le professeur C. SARASIN a rendu compte de ses excursions en 1902 dans la région des Bornes et des Annes (Haute-Savoie). Après avoir décrit la tectonique des différentes chaînes il émet une hypothèse sur l'origine de la Klippe des Annes.

Le même est revenu sur l'étude de la Klippe des Annes qu'il a poursuivie, étude qui fait ressortir l'existence de deux éléments tectoniques distincts, le massif de Lachat et le massif d'Ahnet qui chevauche sur le précédent. La tectonique de la Klippe qui ressort des faits décrits n'offre pas d'argument nouveau en faveur de la théorie du lambeau de recouvrement.

M. le professeur L. DUPARC a montré par ses recherches pétrographiques sur le granit-porphyre de Troitsk que celui-ci est anté-dévonien et non dévonien comme on l'admettait jusqu'à présent. L'étude de ses contacts montre qu'il y en a de deux espèces, l'une par imprégnation et l'autre par contact.

En étudiant les roches éruptives de Kosswinsky, le même, en collaboration avec M. PEARCE, a découvert une amphibole spéciale qui, tout en se rattachant au groupe de la hornblende, a par ses caractères optiques une individualité distincte. Les auteurs proposent de lui donner le nom de Soretite.

Botanique.

M. le professeur CHODAT, en collaboration avec M. ADJAROFF, a étudié les conditions de nutrition de quelques algues en culture pure. Les recherches ont porté soit sur l'addition de sucre, soit sur celle de peptone ou d'asparagine, soit enfin sur la variation du pouvoir peptonisant suivant que l'on opère à la lumière ou dans l'obscurité.

Le même, en collaboration avec M. A. BACH, a continué ses travaux sur les ferments oxydants. Les auteurs établissent que la peroxydase est sans action oxy-

dante lorsqu'elle est isolée, mais qu'elle active l'action des peroxydes organiques; puis que l'oxydase est un mélange de deux ferments, l'un dont le pouvoir oxydant serait très faible et que les auteurs proposent d'appeler oxygénase, et l'autre qui serait une peroxydase. De plus, pour la première fois sans doute, les ferments oxydants dans les cellules vivantes de pomme de terre ont pu être localisés.

M. B.-P.-G. Hochreutiner a décrit une espèce nouvelle de composée du Sud-Oranais, une Perralderia qu'il a dédiée au capitaine Dessigny, caractéristique par son action toxique sur le chameau.

M. J. Briquet a communiqué le résultat de ses recherches microscopiques sur les différentes formes de poils et de glandes des Joubarbes (Sempervivum) et montré que ces organes fournissent d'excellents caractères pour distinguer les principaux groupes de ce genre critique.

Le même a exposé l'organisation florale d'un nouveau genre de labiées tropicales rapporté du pays des Somalis par l'expédition Ruspoli-Keller et qu'il nomme *Hyperaspis*. Ce genre est intermédiaire entre les Ocimum et le remarquable genre Erythrochlamys.

Le même a découvert chez divers Plectranthus de l'Afrique du Sud, en particulier chez Plectranthus arthropodus, des pétioles pourvus à la base d'un coussinet de désarticulation. La morphologie et l'anatomie de ces singuliers organes, entièrement nouveaux chez les labiées, ont pu être établies, mais leur rôle biologique reste provisoirement obscur.

Zoologie. Physiologie.

M. Penard rend compte de certains phénomènes qu'il a observés chez deux Héliozoaires et qui sembleraient montrer de la part de ces organismes inférieurs une intention adaptée à un but.

M. le professeur E. Yung, après avoir observé la variation de longueur que subit l'intestin du printemps à l'automne chez certains poissons et chez la grenouille, a été conduit à expérimenter sur les effets anatomiques de l'inanition. Il établit que la diminution des organes ne provient pas de la disparition d'éléments cellulaires, mais de l'amaigrissement de chacun de ces éléments, et il décrit les modifications qui s'accomplissent ainsi dans les cellules.

Le même, après avoir donné le résultat de ses recherches sur la structure histologique de la grande corne de l'escargot (Helix pomatia), a appelé particulière-

ment l'attention sur un groupe de grandes cellules de nature nerveuse qui se trouve au voisinage du ganglion tentaculaire et dans lequel il faut voir un centre moteur capable d'actionner les fibres du muscle rétracteur.

M. le professeur M. BEDOT, en communiquant ses nouvelles recherches sur la Bathyphysa Grimaldii, a décrit la constitution de ces animaux délicats et rares qui proviennent des profondeurs moyennes de l'Océan. Il a signalé en même temps les résultats des campagnes scientifiques faites par S. A. le prince de Monaco.

M. le Dr J. KARL a observé dans l'embryon d'Entomobrya Nivalis (un Collembole), un organe provisoire qui ne se retrouve pas chez l'adulte et qui est destiné à fendre le chorion de l'œuf. Cette observation corrobore d'autres observations analogues déjà faites chez d'autres espèces.

Le même par ses recherches dans les Grisons a établi une ligne faunistique dans les Alpes de cette région en étudiant la répartition des Diplopodes. La chaîne au nord de l'Engadine sépare une faune occidentale au nord, d'une faune orientale au sud, toutefois la vallée du Rhin supérieur forme une zone de transition. Cette manière de voir est appuyée par la distribution d'autres groupes d'invertébrés et par la principale des deux limites floristiques de Christ qui lui est identique.

M. Arnold PICTET, dans de nouvelles expériences relatives aux variations des papillons, a constaté que l'humidité se fait plus sentir sur les espèces de la plaine que sur celles de la montagne. L'auteur signale l'apparition dans le Valais de plusieurs variétés méridionales et pense que ces espèces ont pu être créées sur place par des conditions météorologiques analogues à celles de leur pays d'origine. Certaines espèces demandent plusieurs générations avant d'être influencées par le changement de régime.

M. le professeur J. L. PREVOST rend compte d'expériences faites dans son laboratoire par M. SAMAJA pour étudier le siège des convulsions toniques et cloniques provoquées chez différentes espèces animales en appliquant, pendant une seconde, de la bouche à la nuque, un courant alternatif variant de 11 à 110 volts. L'auteur donne les conclusions de ces expériences. Elles permettent d'admettre que chez l'homme, le siège des convulsions toniques est basilaire, celui des convulsions cloniques cortical.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer d'une collection complète de ses *Mémoires*. (Tomes I-XXXIII et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : au Musée d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XX (1884-1903). Prix Fr. 20

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896). Prix . . . . . Fr. 6

Imprimerie W. Kundig & Fils, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 34

Fascicule 3 — (Février 1905)

RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET PÉTROGRAPHIQUES
SUR L'OURAL DU NORD
par Louis DUPARC et Francis PEARCE
Deuxième mémoire.

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

PRIX : FR. 20.—

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 5, VOLUME 34

Page

Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Ratesskaya et Kozelouskaya-Datcha (Gouvernement de Perm), par Louis Duparc, professeur à l'Université de Genève, et Francis Pearce, docteur ès sciences, assistant du Laboratoire de minéralogie de l'Université.

Deuxième mémoire avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 29 clichés dans le texte. . 383

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 34, FASCICULE 5.

RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET PÉTROGRAPHIQUES
SUR
L'OURAL DU NORD
AUX ENVIRONS DE LA
RASTESSKAYA ET KIZÉLOWSKAYA-DATCHA
(GOUVERNEMENT DE PERM)

Louis DUPARC
Professeur à l'Université de Genève
ET
Francis PEARCE
Docteur ès sciences
Assistant au Laboratoire de minéralogie de l'Université

DEUXIEME MÉMOIRE

Avec 30 figures, 1 carte, 3 planches et 29 clichés dans le texte.

PRÉFACE

Le deuxième mémoire de nos recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord renferme la description de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky, ainsi que l'examen pétrographique des roches qu'on y rencontre, puis l'étude complète des différentes zones pétrographiques et tectoniques qui se succèdent de l'ouest à l'est, depuis la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes, jusqu'à la bordure orientale de la grande bande dévonienne de la Koswa.

Aux explorations de 1900 et 1901 sont venues s'ajouter de nouvelles investigations poursuivies en 1902 en compagnie de MM. Mrazec et Pearce et de Mlle Tikanowitch, investigations qui se sont étendues à la zone des quartzites et

conglomérats cristallins, au dévonien de la Koswa, ainsi qu'aux chaînes carbonifères plus occidentales.

En 1903, j'ai exploré en compagnie de Mlle Tikanowitch le bassin supérieur des rivières Kakwa et Wagran, plus au nord; puis en 1904, avec mon assistant M. Pearce, Mlle Tikanowitch, et deux de mes élèves, MM. Fuchs et Couchet, nous avons parcouru la région des sources de la rivière Soswa qui coule sur le versant oriental de l'Oural, et de la rivière Uls, qui se trouve sur le versant occidental. Les résultats de ces deux dernières explorations feront l'objet d'un travail indépendant qui sera publié dans la suite, mais elles nous ont permis de vérifier et de compléter sur certains points nos recherches antérieures, notamment en ce qui concerne la région des sources de Tépil, et surtout de raccorder la tectonique de la contrée qui forme le bassin et le cours supérieur de la Koswa avec celle de la région qui vient immédiatement au nord.

Contrairement à mes premières prévisions, ce deuxième mémoire n'est pas une fin; l'abondance des matières et surtout l'étude des chaînes carbonifères, due plus spécialement à M. Mrazec, nous obligent à publier un troisième mémoire qui paraîtra ultérieurement en collaboration avec ce dernier, et qui comprendra la description de la grande bande dévonienne de la Koswa, celle des chaînes carbonifères subouraliennes, et enfin le résumé général relatif à la tectonique du vaste pays que nous avons exploré.

L. Duparc, prof.

DIVISION DU TRAVAIL ET INDICATIONS GÉNÉRALES

Nous avons divisé cet ouvrage en quatre parties qui font suite aux trois premières contenus dans le premier mémoire.

La quatrième partie comprend la description géophysique de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky, ainsi que l'étude minéralogique et chimique des diverses roches éruptives qui s'y rencontrent. Cette partie renferme également un résumé pétrographique général destiné à mettre en lumière les liaisons manifestes qui existent entre les différentes espèces abyssales, et les particularités des séries filoniennes qui les accompagnent.

La cinquième partie est consacrée à l'étude topographique et tectonique des montagnes qui appartiennent à la grande zone dite des quartzites et conglomérats cristallins, qui comprend de hautes montagnes dont l'Aslianka est la plus élevée.

La sixième partie renferme l'étude et la description de la région des sources et du cours de Tépil, ainsi que du synclinal de dévonien moyen dans l'axe duquel coule cette rivière.

La septième partie enfin traite la question des schistes cristallins dans lesquels les massifs éruptifs du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï ont fait intrusion et percent en boutonnière.

Comme on le voit, nous examinerons ces différentes formations en allant de l'ouest vers l'est, ce qui peut paraître *a priori* irrationnel, mais ce qui est nécessité par des motifs de convenance dans l'exposition des faits.

Cette seconde partie renferme aussi de nombreuses cotes barométriques, relevées à plusieurs reprises à l'anéroïde Goldschmidt, et ramenées à la base de Sosnowka; nous avons pu contrôler l'exactitude d'un certain nombre de ces cotes, et il est probable que la plupart d'entr'elles se rapprochent très sensiblement de la vérité. Nous avons également pris un grand nombre de croquis destinés à bien faire comprendre la topographie de la contrée; ces croquis ont été agrandis par M. Mossaz, dessinateur, auquel nous adressons ici nos meilleurs remerciements, puis réduits ensuite au format de notre texte. Nous avons joint à ces croquis de nombreuses vues photographiques qui malheureusement sont loin d'être parfaites; le relief peu accentué de ces vastes régions, la monotonie des rides qui se perdent dans un horizon lointain presque toujours brumeux, la forêt qui couvre tout le pays, sont des

conditions peu propices pour la photographie, qui par suite donne souvent une idée moins bonne de la contrée qu'un croquis même imparfait.

La partie pétrographique de ce travail a été exécutée avec autant de soin que précédemment; les méthodes employées pour déterminer les constantes optiques sont les mêmes, les conventions adoptées restent identiques.

Désireux de poursuivre l'étude des variations que présente dans une même roche tel ou tel minéral faisant partie d'une série isomorphe, nous nous sommes attachés à déterminer le plus grand nombre possible de sections, et surtout à mesurer très exactement les biréfringences principales.

A cet effet, nous avons opéré sur des sections presque toujours rigoureusement centrées par rapport à n_g, n_p et n_m, l'épaisseur a été déterminée par la méthode des poussières, au moyen d'une excellente immersion homogène; le retard a été mesuré dans deux positions à 90° l'une de l'autre, au moyen d'un bon compensateur de Babinet. Une étude approfondie de cette méthode nous a permis de nous convaincre de sa parfaite exactitude quand elle est appliquée judicieusement. Comme contrôle, nous avons presque toujours déterminé directement les valeurs des trois indices.

Dans quelques cas intéressants, nous avons isolé certains des minéraux constitutifs de nos roches pour les soumettre à l'analyse. Les séparations ont été faites sur du matériel pulvérisé et criblé à la dimension convenable, au moyen de l'iodure de méthylène additionné de toluol. Nous avons augmenté dans certains cas où celà était nécessaire la densité de l'iodure de méthylène en le saturant d'iodoforme, et avons toujours vérifié pour ainsi dire grain par grain la pureté du matériel obtenu, en nous servant d'une loupe binoculaire de Zeiss.

Pour l'interprétation de la composition chimique, nous nous sommes servis, comme par le passé, de la méthode imaginée par M. Lewinson-Lessing complétée par une série de diagrammes construits simultanément selon les indications de M. Brögger et de M. Michel Lévy; ces diagrammes n'ont pas été reproduits pour ne pas changer le texte.

BIBLIOGRAPHIE

A la liste de publications concernant la contrée qui nous occupe, liste que nous avons donnée dans notre premier mémoire, il faut ajouter les travaux suivants parus depuis lors :

1901 E.-C. Fédorow et V. Nikitin. *Le district minier de Bogoslowsk.* Pétersbourg. Chez M. Stassoulewitch.

1901 L. Duparc et F. Pearce. *Sur les roches éruptives du Tilaï-Kamen.* Comptes rendus de l'Académie des sciences.

1902 L. Duparc. *Sur l'origine de la coupure transversale de la Kosva.* Comptes rendus.

1903 L. Duparc, L. Mrazec et F. Pearce. *Le dévonien inférieur de la région de la Koswa.* Comptes rendus.

1903 L. Duparc, L. Mrazec et F. Pearce. *Sur l'existence de plusieurs mouvements orogéniques successifs dans l'Oural du Nord.* Comptes rendus.

1903 L. Duparc et F. Pearce. *Sur les formations de la zone des quartzites et conglomérats inférieurs au dévonien, dans l'Oural du Nord.*

1903 L. Duparc. *Les gisements platinifères de l'Oural.* Archives des sciences physiques et naturelles de Genève.

1903 L. Duparc. *Nouvelles explorations dans l'Oural du Nord. Le bassin supérieur de la Koswa. Le Globe,* journal géographique, Genève.

1903 L. Duparc et F. Pearce. *Sur la sorétite, une amphibole nouvelle du groupe des Hornblendes communes.* Bulletin de la Société minéralogique de France.

1904 L. Duparc et Th. Hornung. *Sur une nouvelle théorie de l'ouralitisation.* Comptes rendus.

1904 L. Duparc et F. Pearce. *Sur la garéwaïte, une nouvelle roche filonnienne basique de l'Oural du Nord.* Comptes rendus.

1904 Mme S. Petroff. *Sur la dunite et les gabbros ouralitisés du Cérebriansky (Oural du Nord).* Thèse, Genève.

QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE Ier

Topographie et hydrographie de la chaine de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky.

§ 1. Généralités sur la topographie. — § 2. La chaine de Tilaï, crête, sommets et flanc occidental. — § 3. La chaine du Kanjakowsky-Cérébriansky. — § 4. Le flanc oriental de la chaine de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky et les chaînons latéraux qui s'en détachent. — § 5. Le flanc occidental de la chaine du Kanjakowsky-Cérébriansky et le flanc oriental de l'extrémité de la chaine de Tilaï. — § 6. La ligne de partage des eaux et le système hydrographique.

§ 1. *Généralités sur la topographie.*

La chaine de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky est, comme configuration générale, fort différente du Koswinsky et beaucoup plus complexe. Elle mesure une vingtaine de kilomètres de longueur, peut-être d'avantage, et forme une crête rocheuse sinueuse, orientée en moyenne NE-SO, sur le versant oriental de laquelle viennent se greffer plusieurs chaînons latéraux parallèles.

Lorsqu'on regarde la chaine de Tilaï depuis un point élevé situé à l'ouest, le Stchoutchy ou le Tscherdynsky-Kamen par exemple, elle paraît très uniforme et relativement simple. On y distingue trois sommets principaux, deux d'entr'eux for-

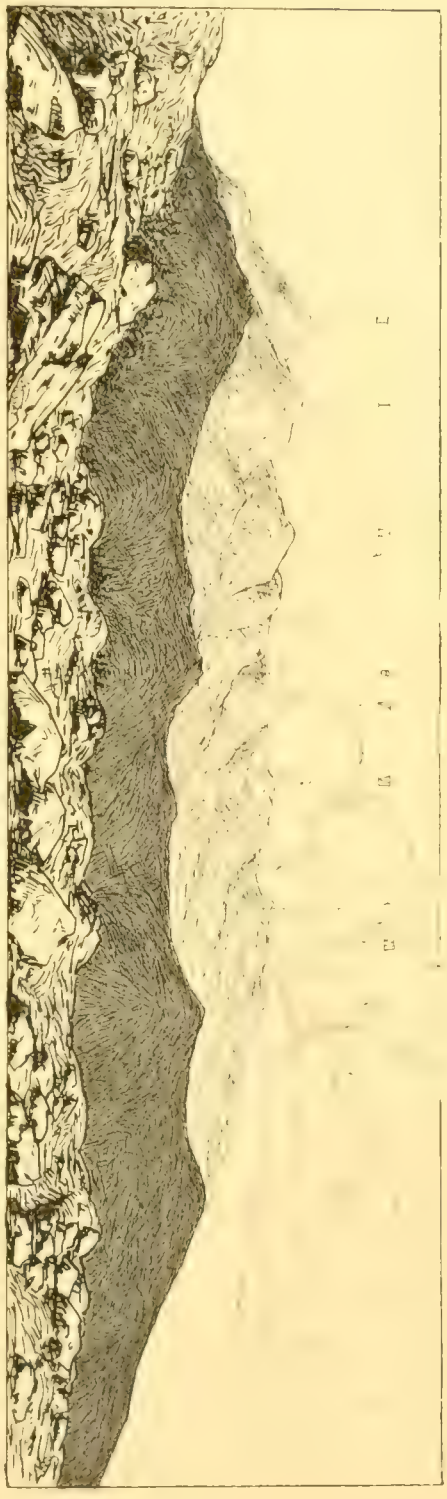
ment les sommets jumeaux appelés communément Tilaï, qui sont situés à l'extrémité sud de la chaîne, le troisième, le plus élevé, se trouve plus au nord. Pour la clarté de l'exposition qui suivra, nous appellerons les deux sommets jumeaux

Croquis topographique de la chaîne de Tilaï. I = Pointe sud de Garéwaïa. II = Pointe nord de Garéwaïa. III = Pointe Palnitschnaïa. IV = Pointe Tilaï. V = Mont Kanjakowsky. VI = Pointe Loss. VII = Mont Cérébriansky. VIII = Pointe Poloudniéwaïa. A. B. C. D. = chaînons latéraux.

Pointes de Garéwaïa du nord et du sud, tandis que le sommet principal, le plus élevé qui est aussi le plus septentrional des trois, s'appellera Pointe de Tilaï. Au nord de cette dernière, l'altitude de la chaîne décroit alors très rapidement. A distance, le flanc occidental paraît assez régulier, un gros contrefort rocheux

servant d'épaulement aux pointes de Garéwaïa et raviné par les sources de la rivière de ce nom, s'en détache cependant, et avance dans la dépression où coule la rivière Tilaï.

Vue depuis le Koswinsky, la chaîne de Tilaï présente un aspect tout différent et l'on voit se profiler les chaînons latéraux comme autant de rides parallèles, en même temps qu'on y observe une certaine déviation de l'axe du côté de l'est, qui semble faire présager une bifurcation. En effet, la chaîne de Tilaï n'est simple que sur l'espace qui sépare les pointes de Garéwaïa de celle de Tilaï; un peu au nord de cette dernière elle se bifurque en deux chaînes distinctes, séparées par une vallée longitudinale; la première de ces deux chaînes n'est que la terminaison vers le nord de celle de Tilaï proprement dite, la seconde, qui dévie vers l'est, forme la chaîne appelée Kanjakowsky-Cérébriansky. Dans la vallée comprise entre ces deux bifurcations coule une rivière appelée Poloudniéwaïa.



Vue générale du flanc Est de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky depuis le Koswinsky.
Au second plan le Katéchersky. — A, B et C = Chaînons latéraux. — I = Pointe Sud de Garéwaïa. — II = Pointe Nord de Garéwaïa. — IV = Pointe Tilaï. — V = Mont Kanjakowsky. — VI = Pointe Loss. — VII = Mont Cérébriansky.

§ 2. *La chaîne de Tilaï, crête, sommets et flanc occidental.*

Cette chaîne débute vers le sud par les pointes de Garéwaïa. La

pointe nord est à la vérité le premier sommet situé sur l'axe même de la chaîne, car la pointe sud fait déjà partie d'un chaînon latéral dont elle forme en quelque sorte la tête de ligne ; ce chaînon fait face au Katéchersky auquel il est sensiblement parallèle. La pointe nord est assez abrupte du côté de l'ouest, elle domine la rive droite de l'entonnoir d'érosion des sources de Garéwaïa, raviné dans l'épaulement rocheux indiqué qui occupe ainsi le flanc SO de la chaîne, et jalonne la position à partir de laquelle celle-ci prend sa direction NE. La pointe nord de Garéwaïa est réunie à la pointe de Tilaï par une crête rocheuse légèrement sinueuse, dont l'orientation moyenne reste NNE-SSO. Les sommets ne s'élèvent pas beaucoup au-dessus de cette arête qui, comme ceux-ci d'ailleurs, est formée par une série d'affleurements déchiquetés de roche en place, perçant au milieu des éboulis ou des blocs incohérents produits par leur démantellement progressif. Entre la pointe nord de Garéwaïa et celle de Tilaï, on trouve un petit sommet secondaire qui apparaît sur cette arête comme rejeté un peu à l'est d'une ligne qui passerait par les deux premiers. Ce sommet de forme conique assez régulière n'est qu'un accident topographique ; nous l'avons appelé pointe de Palnitschnaïa.

A partir de la pointe de Tilaï, la crête de la chaîne subit une modification dans son orientation et le petit sommet qui suit immédiatement cette pointe n'est pas sur l'axe même de la chaîne mais se trouve déjà rejeté vers l'est ; c'est là que commence véritablement la bifurcation du Kanjakowsky-Cérébriansky.

Comme formes topographiques, les pointes de Garéwaïa et de Tilaï sont plutôt des sortes de coupoles que des sommets proprement dits, la forme en est assez régulière, surtout quand on les voit à une certaine distance, les pentes des divers flancs ne sont jamais très rapides et l'ascension en serait aisée sans les difficultés que crée la nature même de la surface du sol.

Nous avons à plusieurs reprises mesuré les altitudes de ces divers sommets soit par le beau temps, soit par la bourrasque ; nos chiffres après corrections faites s'accordent assez bien entr'eux : voici les principales cotes relevées :

Pointe Nord de Garéwaïa :	1496 mètres.
Pointe Sud de Garéwaïa :	1440 mètres.
Pointe Palnitschnaïa :	1460 mètres.
Pointe Tilaï :	1601 mètres.

Ce dernier chiffre pourrait paraître élevé, il nous semble cependant exact car nous l'avons obtenu à deux reprises par des déterminations faites à plusieurs semaines de distance et dans de bonnes conditions.

Sur le flanc NE, la pointe de Tilaï s'abaisse d'une manière continue jusqu'à un large col herbeux et marécageux, espèce de barre assez plate qui cote 1296

Fig. 1. — Vue des points nord et sud de Garéwata et du contrefort rocheux, raviné par les sources de la rivière de ce nom. La vue est prise depuis la rive droite de la rivière Ulau, près de l'embouchure de Gare[illegible].

Fig. 2. — Pointe nord de Garewata, et col séparant les deux pointes de Garéwata

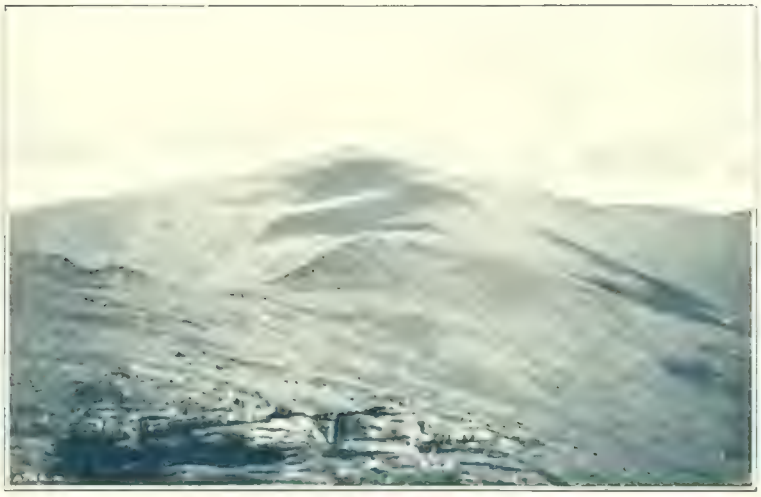


Fig. 3. — Pointe Idau prise depuis la crête, immédiatement au-delà de la pointe nord de Gareward. Le petit cône rocheux que l'on voit sur la crête, est la pointe Palmtschinzi.

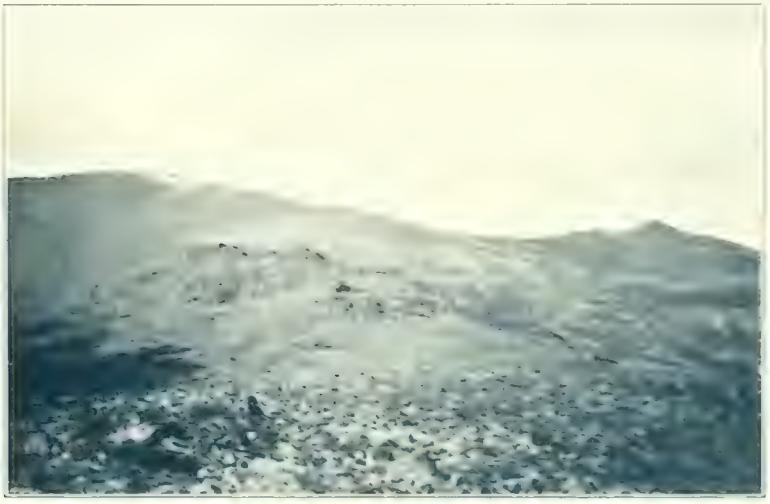
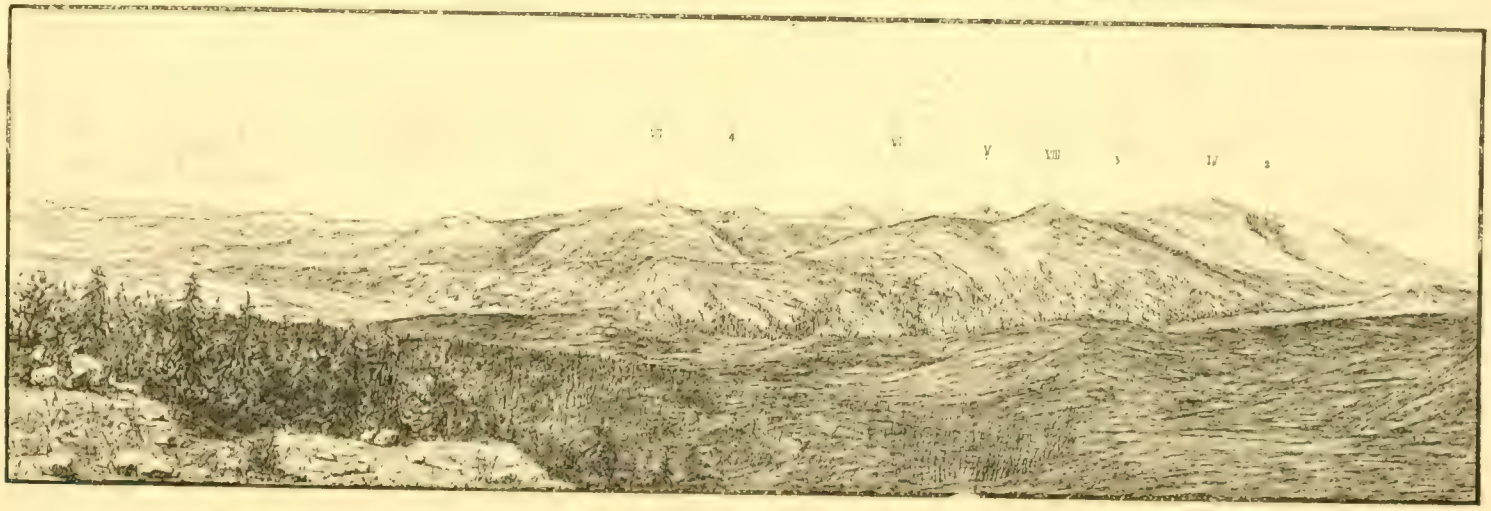


Fig. 4. — Vue de la pointe Idau et du Kanjakowsky

Vue de l'extrémité Sud-Ouest de la chaîne de Tilaï et de l'épaulement rocheux des sources de Garewana, depuis la vallée de la rivière Tilaï.
I — Pointe Nord de Garewana. — II — Pointe Sud de Garéwaïa. — 1 — Ravin des sources de Garewana.



Vue générale de l'extrémité Sud de la chaîne de Tilaï-Cérébriansky depuis le sommet Nord des Monts Ostchy.
2 — Ravin de la rivière Palnitschnaïa. — 3 — Ravin de la rivière Jow. — 4 = Vallée de la rivière Poloudniéwaïa. — IV — Pointe Tilaï. —
V = Mont Kanjakowsky. — VI = Pointe Loss. — VII = Mont Cérébriansky. — VIII = Pointe Poloudniéwaïa.

mètres et forme la continuation de la crête rocheuse principale, abaissée en cet endroit. Ce col constitue en quelque sorte le nœud hydrographique de la chaîne, c'est en effet sur les flancs de cette barre que s'amorcent : à l'est la rivière Kanjakowskaïa, à l'ouest la rivière Jow, au nord la rivière Poloudniéwaïa.

Au delà vers le nord, la crête remonte bientôt pour former un nouveau sommet qui domine la rive gauche des sources de Poloudniéwaïa ; nous l'appellerons pointe Poloudniéwaïa (1321 mètres) ; plus loin vers le nord, la crête s'abaisse à nouveau par gradins successifs, et la chaîne de Tilaï vient se terminer de ce côté par un long éperon rocheux, qui se couvre de forêt près de son extrémité.

Le flanc occidental de la chaîne de Tilaï débute comme nous l'avons vu, vers le sud par l'épaulement rocheux raviné par les sources de Garéwaïa ; celui-ci forme en cet endroit un accident topographique bien marqué. Entre la pointe nord de Garéwaïa et la pointe de Tilaï, le flanc de la chaîne, de la crête à la ligne des forêts, est assez régulier et ne présente d'autre accident qu'un grand ravin à pentes rapides et couvertes d'éboulis, qui naît à un petit col situé entre les deux sommets précités. Ce ravin forme le bassin de réception de la rivière Palnitschnaïa, affluent du Jewskaïa, il débute un peu à l'ouest du petit sommet secondaire appelé pointe de Palnitschnaïa ; le col entre la dite pointe et celle de Tilaï cote 1409 mètres, le sommet s'élève de quelques mètres au-dessus du col. Sous la pointe de Tilaï et plus au nord, on rencontre un second ravin en forme de fer à cheval et à parois rocheuses très abruptes, qui reste en partie occupé par un peu de neige pendant toute l'année ; un second cours d'eau qui est aussi tributaire de Jewskaïa,

Vue générale des sources de la rivière Jow, depuis l'extrémité sud des Monts Ostchy.
VIII = Pointe Poloudniéwaïa. — IV = Pointe Tilaï. — II = Pointe Nord de Garéwaïa. — IX = Extrémité Sud des Monts Ostchy. — 3 = Grand ravin des sources d'Jow. — 2 = Ravin en forme de fer à cheval dans lequel s'amorce un affluent de Jewskaïa.

Fig. 5. — Vue du Kanjakowsky depuis le col herbeux formant le nœud hydrographique

Fig. 6. — Les deux sommets du Kanjakowsky et la partie supérieure du ravin des sources de Polonduiéwaïa, depuis la pointe de ce nom

s'amorce dans ce ravin qui est à proximité immédiate des sources de la rivière Jow.

Au delà de cet entonnoir et lui faisant immédiatement suite vers le nord, il existe un nouveau ravin beaucoup plus considérable, qui débute sur le flanc occidental du col marécageux dont il a été question et se trouve encaissé sur la rive gauche par les pentes rocheuses qui forment la base du flanc septentrional de la pointe de Tilaï ainsi que par un prolongement rocheux qui s'en détache et sur la rive droite par le soubassement rocheux de la pointe de Poloudniéwaïa; c'est dans ce ravin que la rivière Jow prend sa source. De là jusqu'à l'extrémité septentrionale de la chaîne de Tilaï, le flanc occidental de celle-ci ne présente aucun détail topographique important.

§ 3. *La chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky.*

Pour bien comprendre la disposition que présente le flanc oriental de la chaîne de Tilaï, il faut connaître exactement la situation de la bifurcation qui constitue le Kanjakowsky-Cérébriansky. Cette bifurcation commence déjà à partir du petit sommet accessoire qui fait immédiatement suite à la pointe de Tilaï et en est séparé par une petite dépression. Un peu à l'est de ce sommet et séparé de lui par le large col marécageux et tourbeux dont il a été question, on observe un nouveau sommet que sa forme caractéristique et son isolement apparent font reconnaître au premier abord; ce dernier, en effet, est le Kanjakowsky qui appartient déjà à la nouvelle chaîne et s'élève vis-à-vis de la pointe de Poloudniéwaïa qui en est séparée par le profond ravin dans lequel la rivière de ce nom prend sa source. Ce sommet présente la forme d'une pyramide rocheuse assez élancée, qui paraît formée par l'entassement de blocs énormes; il est accompagné d'une petite pyramide secondaire, et quelque soit le côté par où on le regarde son aspect reste sensiblement le même. Le Kanjakowsky[1] cote 1427 mètres; le sommet qui lui fait suite sur la crête de la nouvelle chaîne est une espèce de dôme arrondi et chauve situé encore plus à l'est de la pointe de Tilaï, nous l'avons appelé pointe Loss, il cote 1276 mètres; le col qui sépare ces deux sommets mesure 1153 mètres. On voit donc que dès sa naissance, la bifurcation qui constitue la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky tourne fortement vers l'est; entre le Kanjakowsky et la pointe Loss en

[1] La montagne qui sur certaines cartes est figurée comme étant le Kanjakowsky est en réalité ce que nous avons appelé pointe Tilaï.

effet, l'orientation de la crête est presque EO. A partir de cette dernière cependant cette direction change, et la crête bien que restant toujours sinueuse, redevient orientée en moyenne NE-SO et par conséquent parallèle à celle de la chaîne de Tilaï. Sur cette crête on distingue plus au nord deux nouveaux sommets; le premier n'est qu'une simple dentelure qui cote 1202 mètres, tandis que le col qui la sépare de la pointe Loss est à 1089 mètres; le second qui est rocheux, assez déchiqueté, et dont la forme est également très caractéristique, n'est autre chose que le Cérébriansky. Sa hauteur atteint 1310 mètres, celle du col qui le sépare du précédent est de 1178 mètres.

Lorqu'on fait l'ascension du sommet, on voit depuis celui-ci que la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky se termine vers le nord comme celle de Tilaï par un éperon très allongé, dont l'altitude décroît graduellement, et qui finit en une simple ride boisée dont la direction reste constamment NE-SO; on distingue cependant dans cette dernière partie de la chaîne un point un peu plus élevé qui forme un dernier petit sommet auquel nous n'avons pas donné de nom spécial.

§ 4. *Le flanc oriental de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky et les chaînons latéraux qui s'en détachent.*

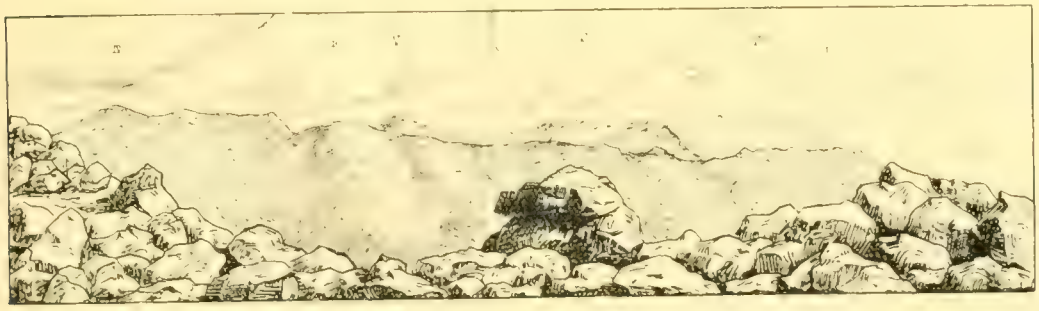
Nous avons vu que des chaînons latéraux viennent se greffer sur l'axe de la chaîne principale. Le premier de ces chaînons forme le prolongement que l'on voit depuis le Koswinsky ou le Katéchersky terminer vers l'Est la pointe sud de Garéwaïa; nous appellerons ce premier chaînon arête A. Celui-ci, sur sa plus grande longueur, est orienté à peu près NO-SE, puis il tourne vers l'est et devient alors parallèle au Katéchersky; le changement de direction se fait à peu près vis-à-vis du premier sommet de cette dernière montagne. Cette arête latérale est rocheuse et accidentée, elle présente plusieurs sommets secondaires séparés par des petits cols; le plus important de ces sommets, celui qui forme la tête de ligne, est la pointe sud de Garéwaïa, les autres sont moins élevés, leur hauteur va d'ailleurs en décroissant vers l'est. Le col le plus large et le plus important est celui que l'on traverse généralement pour gagner la vallée de la Balchaïa-Katécherskaïa, depuis celle de Malinka-Katécherskaïa. Le chaînon A est rocheux sur sa plus grande longueur; près de son extrémité cependant il est recouvert par la forêt.

Le deuxième chaînon latéral que nous appellerons B, est sensiblement orienté comme le premier NO-SE dans sa partie antérieure, puis il ondule et subit

Fig. 7. — Flanc est de la chaîne de Tilai-Kanjakowsky

Fig. 8. — Le Cerebriansky et la crête principale, vus depuis la pointe Loss. Au premier plan se trouve le petit sommet secondaire sur l'arête

également une déviation vers l'est; sa longueur est plus considérable, il présente aussi plusieurs sommets distincts, on en compte au moins quatre dont l'altitude va généralement en décroissant de l'ouest vers l'est. Entre les arêtes A et B se trouve une assez large vallée dont le fond est occupé par une rivière qui, au dire des gens du pays, s'appelle Balchaïa-Katécherskaïa; cette rivière se réunit en effet en aval à celle qui coule entre le Katéchersky et l'arête A que nous avons appelée Malinkaïa-Katécherskaïa.



Vue générale du chainon latéral B, depuis le chainon A.
IV = Pointe Tilaï. — V = Kanjakowsky. — VI = Pointe Loss. — VII = Cérébriansky.

La partie supérieure de la vallée en question forme le bassin de réception des sources de B. Katécherskaïa. Elle est formée par les pentes des arêtes A et B, ainsi que par celles rocheuses et dénudées qui forment le soubassement de la pointe nord de Garéwaïa, de la pointe Palnitschnaïa, et de la pointe Tilaï.

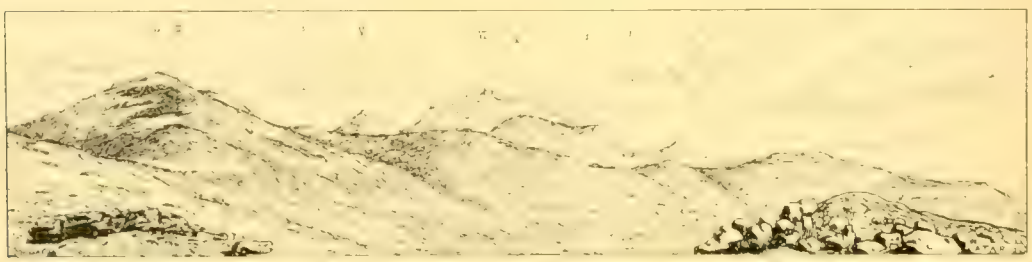
Le troisième chaînon latéral C part de la pointe Loss que l'on peut considérer d'ailleurs comme appartenant déjà à celui-ci. Il est également fort long, et pré-

Vue générale de la chaine de Tilaï et des chainons A, B et C depuis le sommet du Cérébriansky.
I = Pointe Sud de Garéwaïa. — II = Pointe Nord de Garéwaïa. — IV = Pointe Tilaï. — V = Kanjakowsky.
VI = Pointe Loss. — 4 = Ravin des sources de Poloudniéwaïa.

sente trois changements successifs d'orientation, à savoir : Dans la partie antérieure il est dirigé NO-SE, dans la partie centrale il est presque NS, près de l'extrémité enfin, là où il se termine comme les précédents par un prolongement boisé qui s'avance dans la dépression comprise entre la chaîne du Kalpak-Soukogorsky et celle de Tilaï, il dévie fortement vers l'est. Ce chaînon latéral possède également plusieurs petits sommets distincts, séparés par des cols.

Une deuxième vallée dont la configuration rappelle absolument la précédente, est encaissée entre les chaînons B et C; elle est également occupée par une rivière que nous appellerons Malinka-Kanjakowskaïa et se termine à sa partie supérieure par une espèce de cirque rocheux formé par des pentes assez abruptes.

Un quatrième chaînon latéral D, constitue l'arête rocheuse dentelée qui aboutit près du Cérébriansky. Il se distingue de fort loin déjà par son aspect particulier qui rappelle celui d'un gigantesque rempart. Cette arête prend naissance sur l'axe de la chaîne, un peu à droite du Cérébriansky, elle est beaucoup plus accidentée que les précédentes et court comme celles-ci NO-SE dans sa partie antérieure, puis coude assez brusquement vers l'est; sa hauteur diminue rapidement au point où se produit le changement de direction, cette arête se termine aussi par un prolongement boisé. La vallée comprise entre les chaînons C et D est occupée par une rivière que nous avons appelée Balchaïa-Kanjakowskaïa.



Vue générale de l'extrémité Nord de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky et des chaînons B, C et D depuis la crête.
III = Pointe Palnitschnaïa. — IV = Pointe Tilaï. — V = Kanjakowsky. — VI = Pointe Loss. — VII = Cérébriansky. — 5 = Ravin des sources de B. Katécherskaïa.

§ 5. *Le flanc occidental de la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky et le flanc oriental de l'extrémité de la chaîne de Tilaï.*

Le flanc occidental de la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky forme la rive droite de la rivière Poloudniéwaïa. Il n'est point uni et régulier, mais au contraire

Fig. 9. — Vue du Krontoi-Log et des sources de Poloudniewaia depuis la rivière de ce nom.

Fig. 10. — Vue des éperons rocheux qui se détachent du flanc occidental de la chaine du Cérébianskv et s'avancent dans la vallée de Poloudniéwaia.

assez accidenté par suite de la présence de petits affluents latéraux de cette rivière qui ont profondément raviné les pentes et donné de la sorte naissance à des espèces d'éperons rocheux qui s'en détachent. Le premier de ces épaulements rocheux qui est très court, se trouve immédiatement à la base du Kanjakowsky et encaisse la rive droite des sources de Poloudniéwaïa. Un second éperon se détache sous le petit sommet accessoire situé entre la pointe Loss et le Cérébriansky, il est plus long et plus important. Sous le Cérébriansky enfin, on voit également deux de ces prolongements rocheux qui sont beaucoup plus courts cependant que les précédents.

Vue générale des sources de Poloudniéwaïa et du flanc occidental de la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky depuis la pointe Poloudniéwaïa.
3 = Ravin de la rivière Jow. — 4 = Ravin de Poloudniéwaïa. — IV = Pointe Tilaï. — V = Kanjakowsky. — VI = Pointe Loss. — VII = Cérébriansky. — VIII = Pointe Poloudniéwaïa.

Quant au flanc oriental de l'extrémité de la chaîne de Tilaï, il forme la rive gauche de Poloudniéwaïa et ne présente rien de particulier si ce n'est une assez forte incurvation locale près des sources de la rivière.

§ 6. *La ligne de partage et le système hydrographique.*

La ligne de partage des eaux asiatiques et européennes passe, comme nous l'avons vu antérieurement, à l'ouest du sommet principal du Katéchersky, de là elle suit la barre relativement plate et basse qui relie cette montagne à celle de Tilaï, puis remonte sur cette dernière et coïncide sur une certaine longueur avec la ligne de faîte. Les deux pointes de Garéwaïa en effet, de même que celle de Tilaï, sont situées sur la ligne de partage, mais à partir de ce dernier sommet, celle-ci descend sur le flanc occidental de la chaîne qu'elle quitte ensuite tout près de l'entonnoir d'érosion voisin du ravin des sources de la rivière Jow, pour suivre

alors une barre plate et boisée qui va rejoindre l'extrémité sud des monts Ostchy, et se confond avec le prolongement qui termine cette montagne de ce côté.

Cette disposition de la ligne de partage est donc conforme à celle que nous avons déjà signalée en parlant du Koswinsky ; il en résulte que la partie européenne de la chaîne de Tilaï est très limitée et se borne à la région de son flanc occidental qui est comprise entre la barre de Katéchersky-Tilaï et celle de Tilaï-Ostchy ; la conséquence pratique de cette particularité est que la plupart des cours d'eau qui descendent des montagnes de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky, coulent sur le versant asiatique et sont des affluents de la Logwa qui elle-même se jette dans la Soswa.

Les rivières du versant asiatique sont du sud au nord :

Balchaïa-Katécherskaïa et Malinkaïa-Kanjakowskaïa, Balchaïa Cérébrianskaïa, Poloudniéwaïa et Jow ; celles qui coulent sur le versant européen sont : Garéwaïa et Palnitschnaïa, toutes deux affluents de Tilaï. La rivière Jewskaïa qui est également un affluent de cette dernière, ne prend pas sa source aux flancs de Tilaï comme nous l'avions antérieurement supposé, mais provient au contraire de la ligne de partage indiquée ; une longue arête basse et boisée sépare cette rivière du cours supérieur de Tilaï.

La rivière B. Katécherskaïa prend sa source sur le flanc oriental de la chaîne de Tilaï, sur les pentes rocheuses qui forment le soubassement des pointes de Garéwaïa, de Palnitschnaïa et de Tilaï, puis sur celles de la partie supérieure des arêtes A et B. Elle est le produit de la réunion de deux sources distinctes, l'une, celle de droite, naît dans une espèce d'entonnoir dominé par les deux pointes de Garéwaïa et celle de Palnitschnaïa ; l'autre, celle de gauche, descend des pentes rocheuses qui forment la base de la pointe de Tilaï et de la partie supérieure de l'arête B ; ces deux sources sont séparées par un prolongement rocheux qui naît sous la pointe Palnitschnaïa et avance dans la vallée.

La rivière, en aval de la jonction des deux sources, est assez puissante ; son lit actuel est creusé dans d'anciennes alluvions très épaisses, qui mesurent jusqu'à 12 mètres. Les galets de cette alluvion sont volumineux, peu roulés, et ressemblent à du matériel morainique. En été, le volume des eaux roulées par la rivière est réduit, mais il est évident qu'à la fonte des neiges il en est tout autrement, et à voir les divagations de la rivière et la largeur de son lit actuel, ce volume doit être assez considérable à cette époque.

La rivière M. Kanjakowskaïa prend sa source dans l'espèce de cirque compris entre les parties supérieures des arêtes B et C et le flanc oriental de la chaîne.

Fig. 11. — Vue des monts Ostchy et de la barre faisant ligne de partage qui joint ces derniers au flanc ouest de la chaîne de Tilaï, depuis les éboulis de la base [illegible]

Fig. 12. — Vue de la pointe Polouhiewata et du Kroutoï-Log, depuis la crête

Elle débute par des ruisselets diffus, qui descendent des pentes, coulent d'abord sur un sol caillouteux faiblement incliné, puis se rassemblent en deux petites artères distinctes qui bientôt se réunissent pour former la rivière même. Celle-ci ravine d'anciennes alluvions encore plus puissantes que celles de B. Katécherskaïa; son lit est parsemé de blocs parfois énormes.

La rivière B. Kanjakowskaïa coule dans la vallée comprise entre les chaînons C et D et représente le produit de la réunion de deux sources distinctes; l'une, celle de droite, prend naissance dans une petite dépression située entre l'arête C et un petit contrefort rocheux qui se détache sous le sommet accessoire situé entre la pointe Loss et le Cérébriansky; l'autre, plus importante, coule entre le même contrefort et la partie supérieure de l'arête D.

La rivière Cérébrianskaïa enfin s'amorce dans la vallée comprise entre l'extrémité nord de la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky et le chaînon E, nous ne l'avons pas examinée de plus près.

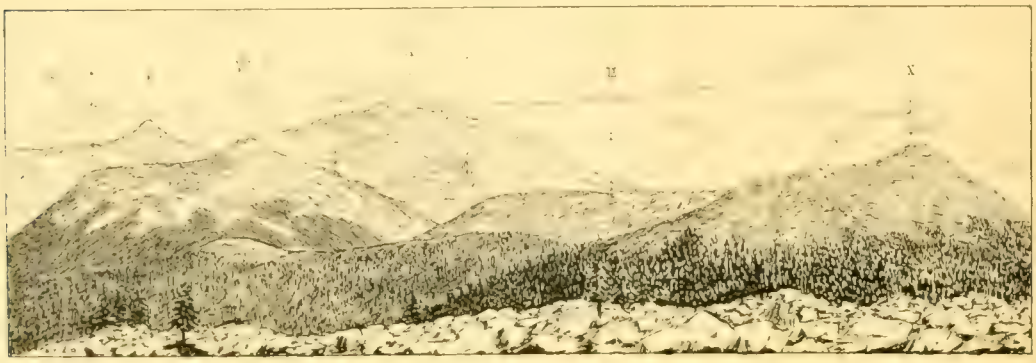
Ces quatre rivières coulent sensiblement dans la même direction, à savoir: à peu près du NO vers le SE, puis vers l'est, nous ne les avons pas poursuivies au delà de leur sortie des vallées latérales de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky, et nous ne savons donc pas comme elles se comportent plus à l'est.

La rivière Poloudniéwaïa naît, comme nous l'avons déjà indiqué, au nord du col large et plat qui forme le nœud hydrographique. Elle débute dans une gorge étroite, formée par des parois rocheuses très abruptes comprises entre le flanc nord du col en question, le flanc occidental du Kanjakowsky, et le flanc oriental de la pointe de Poloudniéwaïa. Cette sorte de ravin profond et encaissé contraste par sa disposition avec les autres vallées latérales de la chaîne et présente un aspect beaucoup plus sauvage; nous l'avons appelé Kroutoï-Log. La rivière débute par des petits ruisselets qui proviennent du col tourbeux et serpentent ou cascadent sur les parois de la gorge pour se réunir ensuite à leur pied. Immédiatement en aval, la rivière ravine de puissantes alluvions anciennes qui mesurent plus de vingt mètres de hauteur et forment sur la rive gauche des falaises à pic. Le matériel en est peu roulé et rougeâtre, cette alluvion est presque d'aspect morainique, les cailloux en sont parfois très gros. Le lit actuel de la rivière est assez large et parsemé de blocs volumineux, elle coule tout d'abord du sud au nord et reçoit plusieurs petits affluents qui descendent du flanc ouest du Cérébriansky; plus loin, la rivière tourne vers l'est et se rejoint sans doute à Jow au delà de l'extrémité septentrionale de l'éperon boisé qui termine la chaîne de Tilaï de ce côté.

La rivière Jow enfin prend sa source également sur le nœud hydrographique

et coule tout d'abord dans le grand ravin dont il a été question précédemment. Elle tourne ensuite vers le nord et longe pendant un certain temps le flanc occidental de l'extrémité septentrionale de la chaîne de Tilaï. Nous ne l'avons pas suivie au delà, mais il est probable qu'elle change de nouveau sa direction et coule vers l'est, pour se réunir bientôt à la rivière Poloudniéwaïa.

Les rivières du flanc européen de la chaîne de Tilaï sont moins importantes.



Vue générale des sources et de la partie supérieure de la vallée de la rivière Jow, des Monts Ostchy, et du flanc occidental de l'extrémité de Tilaï, depuis le sommet Nord des Monts Ostchy.
IV = Pointe Tilaï. — V = Kanjakowsky. — VIII = Pointe Poloudniéwaïa. — IX = Extrémité Sud des Monts Ostchy. — X = Sommet Sud des Ostchy. — 2 = Ravin en fer à cheval. — 3 = Sources d'Jow. — 4 = Vallée de Poloudniéwaïa.

La rivière Garéwaïa s'amorce dans le grand entonnoir d'érosion qui ravine le contrefort rocheux qui se détache du flanc SO des pointes de Garéwaïa; elle coule du NE vers le SO, et se réunit à la rivière Tilaï à deux verstes environ en amont du confluent de Logwinska. Les alluvions anciennes si développées aux sources des rivières du versant asiatique, font ici défaut.

Quant à *la rivière Palnitschnaïa*, elle prend sa source plus au nord, dans le ravin qui se trouve entre la pointe de Tilaï et celle nord de Garéwaïa, elle coule à peu près parallèlement à Garéwaïa, et se jette dans la rivière Jewskaïa tributaire de Tilaï.

CHAPITRE II

Géologie de la chaine du Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky.

§ 1. L'épaulement rocheux et le flanc Sud-Ouest des pointes de Garéwaïa. — § 2. La crête de la chaine de Tilaï. — § 3. Le chainon latéral A. — § 4. Le chainon latéral B et la région des sources de B. Katécherskaïa. — § 5. Le Kanjakowsky et la région des sources de Poloudniéwaïa. — § 6. La pointe Loss et le chainon latéral C. — § 7. Le massif du Cérébriansky, le chainon latéral D et les contreforts rocheux qui s'avancent sur Poloudniéwaïa. — § 8. Résumé de la géologie de la chaine de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky.

§ 1. *L'épaulement rocheux et le flanc SO des pointes de Garéwaïa.*

Lorsqu'on monte sur un des prolongements rocheux qui encaissent les deux rives des sources de Garéwaïa pour arriver au replat qui cote 1040 mètres environ et qui forme la base du flanc SO des deux pointes de Garéwaïa, on chemine pendant longtemps sur des pyroxénites noirâtres, cristallines, à grain plutôt moyen, qui rappellent absolument certaines variétés du Pharkowsky-Ouwal. Celles-ci sont formées par des pyroxènes de la série diallage-diopside, avec un peu d'olivine et de magnétite. Ces roches paraissent former la majeure partie de la région inférieure de l'épaulement rocheux de Garéwaïa; elles y sont littéralement criblées d'innombrables filons de dunite, que leur rubéfaction superficielle permet de distinguer de loin déjà de la roche encaissante. Ces dunites qui ne diffèrent pas de celles du Koswinsky, sont formées exclusivement par de l'olivine plus ou moins serpentinisée, avec quelques rares grains de fer chromé; elles ont parfois une structure presque feuilletée par laminage. Les dunites sont accompagnées par une roche que nous avons appelée « garéwaïte » qui est formée par une association grenue d'olivine, de plagioclase et de fer chromé, avec phénocristaux de pyroxène.

Avant d'arriver sur le replat, les pyroxénites commencent à montrer de nombreuses alternances avec des gabbros à olivine mélanocrates, qui parfois cependant sont assez feldspathiques. Sur le replat même, parmi les blocs incohérents de gabbros et de pyroxénite, on trouve des fragments d'une roche filonnienne qui nous

est inconnue en place, mais qui sans doute ne provient pas de bien loin. Celle-ci est représentée par une pegmatite à hornblende dont les amphiboles non terminées mesurent de quelques millimètres à huit centimètres environ et plus ; cette roche à en juger par sa fréquence parmi les éboulis, doit être assez abondante. Sur les premières pentes de la pointe nord de Garéwaïa qui dominent le replat indiqué, la roche en place est presque exclusivement représentée par des gabbros à olivine variés mais d'un type spécial (Tilaïte), généralement pauvres en feldspath, et qui passent latéralement aux pyroxénites.

Le type prédominant est représenté par une roche à cristaux de diallage de grande taille, disséminés dans une masse à structure grenue mais à éléments plus petits, représentés par le pyroxène, l'olivine, et l'anorthite. On trouve aussi des types analogues à ceux du Pharkowsky-Ouwal, avec structure cryptique. Près du sommet de la pointe, les alternances des gabbros avec les pyroxénites réapparaissent ; ces mêmes alternances se retrouvent d'ailleurs au col qui sépare la pointe Nord de la pointe Sud de Garéwaïa, ainsi que sur le flanc NO de cette dernière. Le sommet même de la pointe est en pyroxénite, mais les gabbros arrivent très près de celui-ci. Il est d'ailleurs impossible de marquer une ligne de séparation entre les gabbros et les pyroxénites, ces roches passent les unes aux autres avec la plus grande facilité et toutes les variétés de transition peuvent se rencontrer.

Dans la partie supérieure de l'entonnoir de Garéwaïa, un peu au-dessous du col situé entre les deux pointes, on voit des pitons d'une roche noire, finement grenue, paraissant nettement filonnienne, qui a été retrouvée d'ailleurs en d'autres endroits de la chaîne ; cette roche est une Berbachite caractéristique.

En résumé, les pyroxénites criblés de filons de dunite dominent dans la partie inférieure de l'épaulement de Garéwaïa ; elles sont suivies par des alternances de gabbros « Tilaïte » et de péridotites, qui commencent un peu avant d'arriver au replat, et qui se continuent jusque près du sommet des pointes de Garéwaïa ; les gabbros cependant sont particulièrement développés de la base du replat jusqu'aux deux tiers de la hauteur des pointes.

Des Berbachites et des pegmatites à hornblende traversent en filons les gabbros et les pyroxénites.

§ 2. *La crête de la chaîne de Tilaï.*

Les pyroxénites qui sont très développées dans les parties centrales de la chaîne, forment la crête de la montagne entre la pointe nord de Garéwaïa et celle

de Tilaï. Cette dernière toute entière est en pyroxénite, les mêmes roches se retrouvent sur la barre qui forme le nœud hydrographique et le col tourbeux mentionné précédemment, puis passent sur la pointe de Poloudniéwaïa et finissent sur l'éperon qui termine la chaîne vers le nord. Seule la pointe de Palnitschnaïa est formée par des gabbros à olivine qui passent il est vrai aux pyroxénites. Ces pyroxénites sont d'un type très uniforme, les grands cristaux de diallage y sont très frais et associés à un peu d'olivine et de magnétite, la structure est d'habitude grossièrement grenue. Depuis la crête, les pyroxénites descendent assez bas sur le flanc occidental et forment une grande partie de celui-ci entre la pointe nord de Garéwaïa et celle de Tilaï; on les retrouve ensuite dans la région qui avoisine l'entonnoir d'érosion en forme de fer à cheval dont il a été parlé précédemment; celui-ci est tout entier compris dans ces pyroxénites. Quant aux gabbros (Tilaïtes) et aux alternances de gabbros et de pyroxénites qui passent sur le flanc SO des pointes de Garéwaïa, on peut les suivre pendant un certain temps sur le flanc occidental de la chaîne, et on les retrouve au-dessus de la limite de végétation entre Garéwaïa et Palnitschnaïa. Il est plus que probable que ces roches se continuent au delà, à la base même de la chaîne. On ne les voit pas en place il est vrai dans le ravin de Palnitschnaïa, mais par contre à une certaine hauteur, on trouve de nombreux éboulis de gabbros à olivine, tandis que ces mêmes roches manquent totalement au-dessus, ce qui laisse supposer que ces gabbros passent sur le flanc occidental sensiblement au-dessous de la crête en cet endroit. Ces mêmes gabbros toujours en alternances avec les pyroxénites, se retrouvent sur l'extrémité de la chaîne de Tilaï qui domine la rive droite de la rivière Jow.

On voit donc que les pyroxénites forment l'axe de la chaîne de Tilaï et descendent assez bas sur son flanc occidental.

§ 3. *Le chaînon latéral A.*

La pointe sud de Garéwaïa même est formée par des pyroxénites très pauvres en olivine et en magnétite, identiques à celles de la pointe de Tilaï. Quand, à partir de ce sommet, on chemine sur la crête de l'arête, on ne rencontre pendant longtemps que les mêmes roches qui cependant passent parfois à des variétés qui se rattachent à la Koswite par développement exagéré de la magnétite en plages formant ciment. Avant d'arriver au col que l'on traverse pour passer dans la vallée de la grande Katécherskaïa depuis le Katéchersky, on voit apparaître les premières alternances de pyroxénites avec des gabbros qui sont ici d'un type

assez feldspathique; ces alternances se continuent alors jusqu'à l'extrémité du chaînon, les gabbros y présentent des aspects assez variés par suite du développement plus ou moins grand des éléments feldspathiques. Dans les pyroxénites, on remarque en abondance des filons de dunite verte, avec caractères habituels.

§ 4. *Le chaînon latéral B, et la région des sources de B. Katécherskaïa.*

Tout le fond du cirque où s'amorcent les deux sources de Balchaïa-Katécherskaïa est formé par des pyroxénites identiques à celles qui se trouvent sur la crête de la chaîne. Sous la pointe de Palnitschnaïa elles sont traversées par un énorme filon d'une dunite un peu spéciale, dont les blocs, couverts de leur croûte rougeâtre, forment une longue traînée dans un grand pierrier qui descend de cette pointe sur les pentes rocheuses qui en forment le soubassement sur le versant oriental. Les mêmes pyroxénites forment la partie supérieure de l'arête B, depuis le col qui la sépare du sommet secondaire qui vient un peu à l'est de la pointe Tilaï, jusqu'au premier sommet bimammelonné que l'on rencontre en suivant cette arête depuis le col en question vers l'est.

La bande de pyroxénites qui forme la ligne de faite et la pointe sud de Tilaï est donc très large; ici comme sur le chaînon A, elle est suivie par de superbes gabbros à olivine riches en pyroxène et en anorthite d'une grande fraîcheur. Ces gabbros sont traversés par quelques filons d'une pegmatite à hornblende qui ressemble absolument à certaines variétés décrites au Katéchersky. En suivant l'arête, on trouve constamment des gabbros de types plus ou moins variés en alternance avec des pyroxénites riches en fer oxydulé, qui se rattachent à la Koswite; les gabbros toutefois paraissent plus abondants et forment la grande majorité des pitons rocheux qui affleurent sur l'arête. Plusieurs de ces gabbros francs présentent la structure sidéronitique et contiennent du mica noir. Près du petit col qui sépare le dernier sommet rocheux du restant boisé de l'arête, les gabbros, largement cristallisés, se retrouvent encore, mais le pyroxène s'y ouralitise, et ces roches ressemblent alors beaucoup à celles que nous décrirons à propos du Cérébriansky. Au col boisé même, on trouve des Koswites très dynamo-métamorphiques, puis au delà des gabbros ouralitisés feldspathiques qui se poursuivent jusqu'à l'extrémité même du chaînon latéral, et qui sont également fortement dynamométamorphosés.

En résumé, dans le chaînon latéral B, à partir de la zone qui est formée

par les pyroxénites massives et qui se trouve dans la région antérieure près de la soudure du chainon avec la chaine principale, celui-ci est formé par des gabbros de types variés, qui alternent constamment avec des pyroxénites. Ces gabbros, près de l'extrémité orientale du chainon, passent à des variétés rappelant celles du Cérébriansky.

§ 5. *Le Kanjakowsky et la région des sources de Poloudniéwaïa.*

Les pyroxénites qui forment l'axe de la chaine se continuent par le Kanjakowsky qui en est entièrement constitué, ainsi que par le col qui sépare ce dernier de la pointe Loss; par contre, à partir de là, plus au nord, en suivant l'axe de la chaine, on en perd toute trace. Les mêmes pyroxénites se trouvent dans la barre qui constitue le nœud hydrographique. Là cependant, aux sources mêmes de la rivière Poloudniéwaïa, dans le ravin profond que nous avons indiqué, on observe de loin déjà des roches rougeâtres, dont la couleur tranche nettement avec celle plus foncée des pyroxénites. Ces roches sont représentées en effet par des dunites massives, absolument analogues à celles du Sosnowsky-Ouwal et qui sont comme elles nettement intrusives dans les pyroxénites. L'affleurement des dunites n'est pas très étendu, sa forme est plus ou moins elliptique, il est développé surtout dans la partie septentrionale du nœud hydrographique et reste complètement enclavé dans les pyroxénites. La nature réellement intrusive de cette dunite ne fait aucun doute, car lorsqu'on escalade les parois rocheuses qui dominent le ravin de Poloudniéwaïa, on peut pour ainsi dire suivre pas à pas le contact des deux roches, et l'on y voit une véritable brèche éruptive, formée par des blocs anguleux de pyroxénite empâtés dans la dunite; cette brèche se trouve jusqu'à la distance de 0 m. 50 du contact immédiat.

La dunite elle-même est verdâtre et plus claire que celle du Koswinsky, elle renferme des amas de sidérochrome produits par ségrégation directe. Ces amas localisés de chromite ne sont pas très abondants, leur forme et leur dimension sont variées, plusieurs d'entr'eux mesurent de 0 m. 25 à 0 m. 50; ils présentent généralement l'aspect de nids plus ou moins ovoïdes, mais aussi celui de veines très courtes et absolument irrégulières. Ces nids de fer chromé sont la source première des galets volumineux de ce minerai que l'on trouve dans les alluvions de Poloudniéwaïa.

Un peu en aval des sources de cette rivière, on voit, sur sa rive droite et perçant les pyroxénites du soubassement du Kanjakowsky, un gros filon de

pegmatite à hornblende mesurant 1 m. 30 d'épaisseur, et dirigé NS. Les cristaux de hornblende y sont énormes et atteignent de 0 m. 25 à 0 m. 30, cette roche est identique à celle que l'on trouve dans les alluvions de M. Kanjakowskaïa.

§ 6. *La pointe Loss et le chaînon latéral C.*

Les pyroxénites à olivine se voient encore au col qui sépare le Kanjakowsky de la pointe Loss, mais déjà avant d'arriver sur le sommet de cette dernière, on trouve des roches noires, d'aspect dioritique, qui se rattachent alors aux gabbros ouralitisés. Ces roches forment la totalité de l'espèce de grosse croupe qui constitue la pointe Loss; au sommet même de celle-ci, ces gabbros sont mélanocrates et largement cristallisés. Parmi les blocs qui jonchent le sol, on trouve également quelques débris d'une pegmatite à hornblende qui rappelle celle de Poloudniéwaïa, mais dont les éléments sont plus petits. Au col qui suit la pointe Loss, sur l'arête, du côté de l'est, on trouve des gabbros toujours ouralitisés mais très feldspathiques; ces mêmes roches se rencontrent aussi sur le petit sommet qui vient après ledit col, puis plus loin sur l'arête, jusqu'au point où celle-ci commence à s'abaisser brusquement. Là apparaissent de nouveau des pyroxénites du type de la koswite, suivies par des gabbros ouralitisés très dynamométamorphiques, puis par des gabbros riches en olivine, et finalement par les pyroxénites à diallage qui forment l'extrémité de la crête au moment où celle-ci s'abaisse encore une fois et devient boisée. En résumé, le chaînon latéral C est formé dans sa partie antérieure par des pyroxénites, qui, à partir de la pointe Loss, sont suivies par des gabbros ouralitisés développés sur une grande étendue. Les alternances de gabbros et de pyroxénites analogues à celles rencontrées sur les chaînons A et B ne se retrouvent de nouveau qu'à l'extrémité de C seulement.

§ 7. *Le massif du Cérébriansky, le chaînon latéral D, et les contreforts rocheux qui s'avancent sur Poloudniéwaïa.*

Depuis la pointe Loss, lorsqu'on suit la crête de la chaîne principale, on trouve exclusivement une roche dioritique, généralement mélanocrate, presque toujours largement cristallisée, qui présente des « schlieren » feldspathiques. Cette roche est formée par de la hornblende provenant d'un pyroxène ouralitisé, qui tantôt existe encore, tantôt est complètement disparu; réuni à un plagioclase

de la série Labrador-Anorthite, puis plus rarement à de l'olivine, qui n'est jamais abondante. Cette roche forme tout le massif du Cérébriansky ainsi que le chaînon latéral dentelé D qui encaisse la rive gauche de B. Kanjakowskaïa, jusqu'au point où la végétation commence à apparaître sur cette arête. La même roche se rencontre également au delà du Cérébriansky sur le sommet secondaire qui lui fait suite vers le nord, ainsi que sur la terminaison de la chaîne de ce côté. Sur les divers contreforts qui se détachent du Kanjakowsky et du Cérébriansky et qui encaissent des petits affluents latéraux de Poloudniéwaïa, on trouve des roches superbes, caractérisées par l'abondance d'un feldspath plus acide, par la présence de l'hypersthène qui se joint au pyroxène monoclinique, et par l'apparition constante du mica noir; nous les avons rattachées à la famille des norites. Tout le massif du Cérébriansky paraît être d'une parfaite uniformité et nulle part on n'y rencontre les alternances des gabbros et des pyroxénites si fréquentes sur les chaînons latéraux. Il est à remarquer qu'on trouve parfois dans les gabbros ouralitisés, des amas assez volumineux d'une magnétite primaire, qui forme un minerai extrêmement riche mais inexploitable, vu l'irrégularité de ces amas et aussi leur rareté.

§ 8. *Résumé de la géologie de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky.*

Cette chaîne est donc exclusivement composée par des roches éruptives basiques de profondeur, accompagnées de roches filonniennes qui les traversent. Parmi les roches de profondeur on distingue : 1° Des pyroxénites à olivine, formées par l'association d'un pyroxène prédominant, avec de l'olivine et de la magnétite. Ce dernier minéral se développe parfois en plages, et les pyroxénites passent alors au type de la Koswite. 2° Des gabbros, généralement à olivine, de types et de structures variés, renfermant généralement du pyroxène diallage ou diopside, de l'olivine plus rare, du plagioclase basique, puis de la magnétite : dans certains cas le mica rouge se joint aux éléments précédents. 3° Des ouralo-gabbros et diorites, formés par de la hornblende verte, très abondante, de l'olivine rare, du plagioclase basique, puis de la magnétite; ce dernier élément pouvant y former des amas de ségrégation directe. 4° Des norites renfermant de l'hypersthène, du diallage-diopside, du labrador, de la magnétite et du fer oxydulé. 5° Des dunites massives, formées exclusivement par de l'olivine grenue en partie serpentinisée, avec des octaèdres de fer chromé; ce dernier élément forme également des amas de ségrégation directe dans cette roche. Parmi les roches filonniennes nous avons rencontré : 1° Des du-

nites filonniennes, identiques au point de vue pétrographique aux dunites massives, et souvent complètement serpentinisées. 2° Des berbachites, formées par une association grenue de diallage, de magnétite et de labrador. 3° Des pegmatites à hornblende en filons giganto-plasmatiques, formées par un feldspath en gros individus, joint à de la hornblende en cristaux énormes. 4° Des « garéwaïtes » formées par une association grenue d'olivine, de plagioclase basique, et de fer chromé, avec phénocristaux de pyroxène.

Au point de vue de leur répartition, ces différentes roches sont distribuées comme suit : les pyroxénites forment d'un bout à l'autre, l'axe principal de la chaîne de Tilaï, les alternances de gabbros et de péridotites se développent sur le flanc occidental de la chaîne et sur les chaînons latéraux qui se greffent sur cette dernière. Les gabbros ouralitisés apparaissent près de l'extrémité du chaînon latéral B, se développent plus largement sur le chaînon latéral C, et constituent le massif de Cérébriansky dans son ensemble. Les dunites massives sont intrusives dans les pyroxénites comme toujours, et développées seulement aux sources de Poloudniéwaïa.

Les dunites filonniennes se rencontrent en de nombreux points de la chaîne, et traversent indifféremment les gabbros à olivine ou les pyroxénites; elles sont particulièrement développées dans l'épaulement rocheux raviné par les sources de Garéwaïa, et se trouvent aussi en abondance à la pointe de Tilaï et à la pointe de Palnitschnaïa. Les berbachites traversent généralement les gabbros à olivine; nous les avons rencontrées seulement sur le flanc occidental de la chaîne. Les pegmatites à hornblende enfin, paraissent très répandues, elles se trouvent sur les deux versants de la chaîne, et percent indifféremment les gabbros et les pyroxénites; enfin la garéwaïte, proche parente des dunites filonniennes, accompagne celles-ci aux sources de Garéwaïa, et se rencontre dans les mêmes conditions.

CHAPITRE III

Description des roches de Tilaï. Les pyroxénites et les koswites.

§ 1. Description pétrographique des pyroxénites. — § 2. Monographie des types étudiés. — § 3. Composition chimique des pyroxénites. — § 4. Minéraux constitutifs et structure des koswites. — 5. Monographie des types étudiés. — § 6. Composition chimique des koswites. — § 7. Considérations générales relatives aux pyroxénites et aux koswites.

§ 1. *Description pétrographique des pyroxénites.*

Les pyroxénites jouent, comme nous l'avons vu, un rôle très grand dans la composition de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky; elles forment en quelque sorte l'axe de cette chaîne, et se trouvent particulièrement développées sur son flanc occidental comme aussi sur les chaînons latéraux.

Macroscopiquement ce sont des roches noirâtres ou verdâtres, très cristallines, d'un grain moyen, parfois même grossier. Elles rappellent beaucoup certaines variétés du Pharkowsky-Ouwal ou encore du Koswinsky.

Au microscope les minéraux constitutifs en sont : la magnétite, l'olivine, le pyroxène monoclinique, l'hypersthène, et la hornblende; le mica rouge y fait totalement défaut.

MAGNÉTITE

Elle n'est pas très abondante dans les pyroxénites normales, et s'y présente en petits grains libres ou inclus dans les pyroxènes. Les formes sont rarement octaèdriques, dans les variétés passant à la koswite elle se développe en petites plages sidéronitiques.

OLIVINE

Ce minéral joue un rôle subordonné au pyroxène ; il ne manque jamais, il est vrai, mais ne se rencontre qu'exceptionnellement en grande quantité. L'olivine est incolore, hyaline, toujours très craquelée et généralement de plus petite dimension que le pyroxène; les fissures sont souvent oblitérées par de la magnétite.

Les propriétés optiques sont les suivantes : le signe est positif, l'angle 2V est très voisin de 90°, les trois biréfringences principales mesurées directement ont été trouvées comme suit :

$$n_g - n_p = 0{,}038 \qquad n_g - n_m = 0{,}019 \qquad n_m - n_p = 0{,}018$$

PYROXÈNES MONOCLINIQUES

Le pyroxène est généralement très légèrement verdâtre en lumière naturelle; les clivages $h^1 = (100)$ s'y rencontrent assez fréquemment, ils sont alors fins et serrés, les inclusions lamellaires sont fort rares et ne se trouvent d'habitude que dans les cristaux de grande taille. Les propriétés optiques du pyroxène sont résumées dans le tableau suivant; le signe optique, toujours positif, n'a pas été inscrit dans une colonne spéciale.

Tableau des propriétés optiques du pyroxène.

Numéros	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction	2V.	Observations
1061	0,029	0,022	—	—	—	—
1070	0,027	0,022	—	41°	—	Clivage h^1 assez bon.
	0,025	0,021	—	$41°\frac{1}{2}$	—	id.
1115	0,026	0,022	—	41	—	Clivage h^1.
	—	0,022	—	—	—	—
1072	0,028	—	0,006	$41\frac{1}{2}$	56°42′	Clivage h^1.
1080	0,029	0,023	—	34^2	—	Clivage m. mauvais.
	—	0,021	—	—	—	—
1103	0,028	0,022	—	42°	56°56′	Clivage h^1.
	0,028	—		42		—
1101	0,028	0,022	—	—	—	—
	—	0,021	—	—	—	—
1057	0,028	0,022	—	40	—	Clivage m. mauvais.
	0,028	0,020	—	37	—	id.
	0,026	0,019	—	39	—	id
1148	0,028	0,020	0,005	—	55°30′	—
	—	0,019	0,006	—	52°26′	—
1146	0,027	0,021	—	40	—	Clivage m.
	0,026	0,019	—	—	—	—
	0,026	0,021	—	—	—	—
1067	0,028	0,021	—	40	—	Clivage h^1.
	—	0,019	—	—	—	—
	—	0,021	—	—	—	—
1059	0,027	0,020	—	—	—	Clivage m.
	0,027	0,021	—	—	—	—
	—	0,021	—	—	—	—
1060	0,026	0,019	—	—	—	—
	0,027	0,021	—	—	—	—
	0,026	—	—	39	—	Clivage m. mauvais.
1069	0,028	0,020	0,005	37^2	—	—
	0,028	0,019	0,005	—	—	—
	0,024	0,018	0,005	41°	—	Clivage h^1.

Ce tableau montre à l'évidence que le pyroxène est d'un type très peu variable, ses propriétés optiques correspondent à une variété de diopside dont l'angle d'extinction oscille autour de 40°, et dont les trois biréfringences sont :

$$n_g\text{-}n_p = 0{,}027 \qquad n_g\text{-}n_m = 0{,}022 \qquad n_m\text{-}n_p = 0{,}005 \text{ à } 0{,}006.$$

Nous avons contrôlé d'ailleurs les nombreuses valeurs mesurées au compensateur par quelques mesures directes d'indices, et trouvé les chiffres suivant :

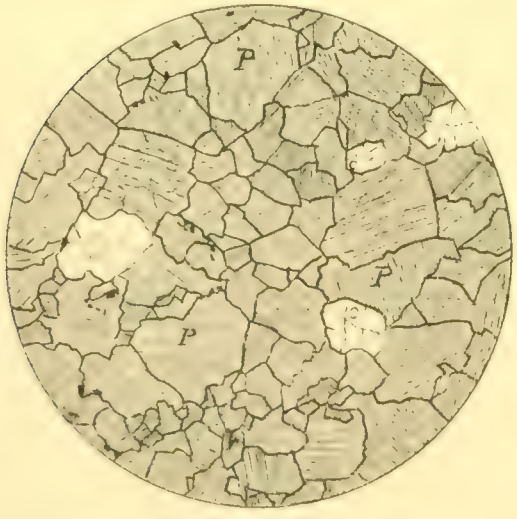
Tableau des indices.

Numéro de la plaque.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p
1148	Sn_g	1,7136 1,7133	1,6926	1,6867	0,0267	0,0208	0,0059

HYPERSTHÈNE

Ce minéral est excessivement rare, il n'a été dûment constaté que sur une seule préparation qui renfermait des traces de feldspath et de mica rouge. Il existe en petites sections presque incolores et très faiblement polychroïques, à biréfringences normales; la bissectrice aiguë est nettement négative, ce qui, joint au polychroïsme, permet d'identifier sûrement ce pyroxène.

HORNBLENDE



Pyroxénite. Coupe n° 1080. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 13 diam. O = olivine. P = pyroxène.

Elle se rencontre toujours en faible quantité dans un certain nombre de pyroxénites, et s'y présente en petits grains, calés entre les pyroxènes, dont elle représente sans doute un produit de transformation. La couleur de cette hornblende est vert brunâtre très pâle, son polychroïsme toujours peu appréciable se fait comme suit : n_g = vert-brunâtre pâle, n_p = jaunâtre très pâle. La biréfringence n_g-n_p = 0,022, le signe optique est négatif.

STRUCTURE

La structure est parfaitement grenue, les éléments constitutifs sont presque isométriques ; parfois quelque cristal

isolé de pyroxène atteint une taille un peu plus grande que celle de ses voisins.

Les phénomènes dynamiques sont manifestes sur certains spécimens, ils ont comme conséquence tout d'abord le morcellement de l'olivine, suivi de celui des pyroxènes. Parfois les pyroxènes et l'olivine gisent pêle-mêle dans une brèche formée par les mêmes éléments.

§ 2. *Monographie des types étudiés.*

N° 1148. Crête entre la pointe nord de Garéwaïa et la pointe Tilaï.

Au microscope : Peu de magnétite en grains et rares petites plages sidéronitiques. Pyroxène prédominant, quelques cristaux de grande taille. Olivine relativement rare. Par places on observe des petites régions à éléments microgrenus, disséminés irrégulièrement parmi les cristaux plus grands.

N° 1103. Col entre le Kanjakowsky et la pointe Loss.

Au microscope : Peu de magnétite toujours en grains. Pyroxènes largement cristallisés, avec inclusions lamellaires. Olivine plus rare du type ordinaire.

N° 1061. Sur l'arête A, en place.

Au microscope : Roche identique au numéro précédent. L'olivine de même que la magnétite sont très rares, le premier de ces deux minéraux est toujours en petites sections.

N° 1072. Arête B au pied du premier sommet rencontré en allant de l'axe de la chaîne vers l'est.

Type largement cristallisé, à olivine remarquablement abondante et fraîche, de grande taille. Peu de magnétite, quelques petites plages de hornblende dispersées ça et là parmi les autres éléments.

N° 1139. Contact avec la dunite, ravin de Poloudniéwaïa.

Très belle roche d'une remarquable fraîcheur, prototype des pyroxénites de Tilaï.

Au microscope : Très peu de magnétite (deux ou trois grains seulement), beaucoup de pyroxène en gros cristaux à peine colorés en lumière naturelle, peu d'olivine avec fissures remplies de magnétite.

N° 1070. Sur l'arête B à l'ouest du N° 1072, sur la crête.

Au microscope : Type très riche en olivine, à fissures remplies d'éléments ferrugineux. Pyroxène ordinaire. Très peu de hornblende à peine colorée, magnétite assez rare et grains idiomorphes.

N° 161. Sur la crête rocheuse formant le bord sud de l'entonnoir de Garéwaïa.

Roche avec olivine abondante, subordonnée cependant au pyroxène ; les deux minéraux se développent au milieu d'une masse grenue formée des mêmes éléments de plus petite taille. Magnétite plutôt rare, en grains isolés.

N° 1053. Sommet de la pointe sud de Garéwaïa.

Pyroxénite très analogue à la précédente. Elle contient peu de magnétite qui s'isole en petites plages sidéronitiques, renfermant ça et là un spinelle vert. Très peu de hornblende brune entre les pyroxènes.

N° 1154. Sous le col, en descendant sur le Katéchersky.

Au microscope : La roche simule presque deux temps de consolidation : les pyroxènes avec inclusions lamellaires et l'olivine plus rare d'ailleurs, sont disséminés dans une masse microgrenue formée des mêmes éléments. Magnétite rare, en petits grains.

N° 1146. Sous le flanc ouest de la pointe de Garéwaïa.

Belle pyroxénite du type ordinaire, plutôt pauvre en olivine. Pyroxènes incolores, avec quelques inclusions lamellaires. Très peu de hornblende brune à peine polychroïque.

N° 1080. Arête C sous la base du Kanjakowsky.

Roche largement cristallisée ; les pyroxènes de grande taille renferment quelques inclusions lamellaires. Olivine plutôt rare. Magnétite de même. Beau type de pyroxénite.

N° 158. Sur la crête rocheuse formant le bord sud de l'entonnoir de Garéwaïa.

Roche très semblable au type précédent, les grands cristaux de pyroxène sont répartis dans une masse à grains plus fins, formée également de pyroxène associé à de l'olivine ; peu de magnétite.

N° 159. Sur la crête rocheuse du bord sud de l'entonnoir de Garéwaïa.

Roche identique au N° 158, prise plus à l'est ; le grain est très variable selon

les régions observées. Par places les éléments sont isométriques, ailleurs la roche paraît presque à deux temps. L'olivine est assez abondante, la magnétite plus rare, le pyroxène ordinaire.

N° 164 b. Au col de Garéwaïa, à la base de la pointe sud.

Pyroxénite sans magnétite, formée en grande partie par du diallage incolore, de même que l'olivine qui est plus rare. Le grain de la roche varie également sensiblement selon les régions. Phénomènes dynamiques accusés sur l'olivine écrasée par places, avec étirement manifeste et serpentinisation.

N° 1057. Entre la pointe nord de Garéwaïa et la pointe Palnitschnaïa.

Très analogue au N° 164, avec plages à individus isométriques, mêlées à d'autres qui sont presque à deux temps. Peu de magnétite.

N° 1059. Flanc est de la crête, entre la pointe nord de Garéwaïa et celle de Palnitschnaïa.

Roche semblable aux deux numéros précédents : pauvre également en magnétite. Olivine subordonnée au pyroxène, très peu de hornblende brune faiblement polychroïque.

§ 3. *Composition chimique des pyroxénites.*

Analyse du N° 1080.

		Calculée sur 100 parties.			Quotients.
SiO_2	=	49,15	50,03	0,834	
Al_2O_3	=	1,65	1,68	0,016	
Cr_2O_3	=	0,70	0,71	0,004	0,030 R_2O_3
Fe_2O_3	=	1,58	1,61	0,010	
FeO	=	4,19	4,27	0,059	
MnO	=	traces	—	—	0,953 RO
CaO	=	20,36	20,73	0,370	
MgO	=	20,60	20,97	0,524	
Perte au feu	=	0,85	—		
		99,08	100,00		

Coefficient d'acidité $\alpha = 1{,}58$.

Formule magmatique = 28 SiO_2 : R_2O_3 : 32 RO.

Rapport CaO : MgO = 1 : 1,4.

Vu l'absence de feldspaths dans le numéro analysé, il ressort clairement des chiffres exposés ci-dessus que le pyroxène est légèrement alumineux, voire même chromifère; la pyroxénite de Tilaï ressemble en tout point à la pyroxénite du Koswinsky comme on peut s'en convaincre en comparant les analyses de ces deux roches; seule la teneur en FeO est un peu plus considérable dans cette dernière.

Analyse du N° 10 : (pyroxénite du Koswinsky).

SiO_2	=	49,35
Al_2O_3 / Cr_2O_3	=	2,68
FeO	=	7,37
CaO	=	20,36
MgO	=	20,00
Perte au feu	=	0,60
		100,36

§ 4. *Minéraux constitutifs et structure de la Koswite.*

Les koswites de Tilaï se distinguent assez difficilement sur le terrain des pyroxénites, auxquelles elles passent d'ailleurs par des formes transitoires, comme nous l'avons déjà indiqué antérieurement à propos du Koswinsky. Ce sont des roches noirâtres, toujours grenues, à grain moyen rarement grossier, qui sont comme leurs congénères du Koswinsky, constituées par du pyroxène, de l'olivine, de la hornblende, des spinelles, et de la magnétite.

OLIVINE

Ce minéral paraît être de toute première consolidation, car on le trouve localement moulé indifféremment par la magnétite ou par le pyroxène; ce dernier cas cependant est rare, ce qui fait supposer que ces deux minéraux sont à peu de chose près contemporains. Elle est absolument incolore, plus hyaline que le pyroxène, et se présente en grains à tendance arrondie, qui sont toujours craquelés. On y voit quelquefois des clivages selon $g^1 = (010)$, très rarement selon $p = (001)$.

Les propriétés optiques déterminées directement sont les suivantes :

$$n_g - n_p = 0{,}037 \qquad n_g - n_m = 0{,}019 \text{ à } 0{,}023 \qquad n_m - n_p = 0{,}018.$$

Le signe optique est positif, l'angle 2V presque égal à 90°.

PYROXÈNE

Le pyroxène se présente en cristaux aux formes généralement trapues, sans contour géométrique, et avec allongement prismatique peu marqué. Les clivages $m = (110)$ sont constants, les clivages $h^1 = (100)$ fort rares et mauvais, ce qui rend la mesure de l'angle d'extinction toujours incertaine. Les mâcles $h^1 = (100)$ se rencontrent assez souvent, elles sont simples, rarement répétées ; les inclusions lamellaires habituelles au diallage font presque complètement défaut, par contre on y trouve assez souvent un ou deux gros grains de magnétite. En lumière naturelle, le pyroxène est légèrement verdâtre, sans polychroïsme appréciable ; l'allongement, quand il est perceptible, est toujours positif. La bissectrice aiguë est positive ; les autres propriétés sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau des propriétés optiques des pyroxènes.

Numéros	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction	2V	Remarques.
1132	0,027	0,022	—	37	—	Mauvais clivages.
	—	0,021	—	—	—	—
	—	0,021	—	—		
1066	0,027	0,022	—	39	—	id.
	0,028	0,022	—	43	—	id.
1078	0,025	0,020	—	41	—	id.
	0,025	0,020	—	38°	—	id.
	0,023	—	—	38°	—	id.
1071	0,028	0,021	0,006	—	—	—
	0,027	0,022	—	40°	—	Clivages meilleurs.
	0,027	—	—	41°	—	id.
1129	0,027	0,020	—	38°	—	Mauvais clivage.
	—	0,020	—	—	—	—
	—	0,020	—	—	—	—
1074	0,025	0,020	—	—	—	—
	0,030	0,022	—	40°	—	Clivage meilleur.
	0,026	—	—	38°	—	Mauvais Clivage.

Comme on le voit, les chiffres donnés par ce tableau concordent avec ceux obtenus pour les pyroxènes des pyroxénites : la présence de la magnétite en grande

quantité ne paraît donc pas influencer la composition des pyroxènes. Ce qui vient d'être dit se confirme encore par la mesure directe des indices.

Tableau des indices de pyroxène.

Numéros de la coupe.	Orientation des sections.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1066	Sn_m	1,7135	1,6919 1,6927	1,6866	0,0269	0,0217	0,052

HORNBLENDE

Ce minéral peut manquer complètement, d'autres fois au contraire il se montre en assez grande abondance. Il n'est point comme dans la koswite du Koswinsky, cantonné exclusivement à proximité de la magnétite qu'il circonscrit, mais se rencontre parmi les pyroxènes, mêlé aux autres éléments de la roche. Cette hornblende, toujours peu colorée, présente les clivages $m = (110)$, et les propriétés optiques suivantes : L'allongement peu marqué est positif, la bissectrice aiguë négative ; l'angle 2 V est en tout cas supérieur à 70°. L'angle d'extinction sur $g^1 = (010)$ a été trouvé de 15°, les biréfringences mesurées directement sont :

$$n_g - n_p = 0{,}022 \quad n_g - n_m = 0{,}011 \text{ à } 0{,}09 \quad n_m - n_p = ?$$

Le polychroïsme se fait comme suit :

n_g = vert sale brunâtre assez pâle, n_m = vert jaunâtre, n_p = vert brunâtre ou verdâtre très clair.

SPINELLES VERTS

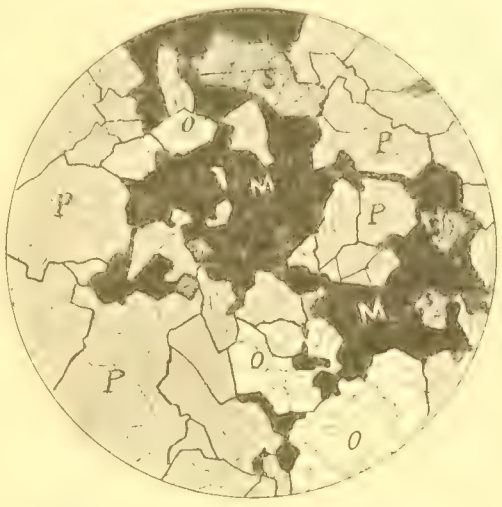
Ils sont particulièrement abondants dans la koswite de Tilaï, et se rencontrent exclusivement à l'intérieur des plages de magnétite. Les grains, à contours irréguliers, mesurent jusqu'à 0,4-0,5 mm., leur grosseur est en rapport avec celle de la plage de magnétite qui les héberge. Les grains toujours craquelés, sont d'une superbe couleur vert foncé : la couleur s'éclaircit sur les bords.

MAGNÉTITE

Elle est particulièrement abondante et toujours en grandes plages sidéronitiques.

STRUCTURE ET PHÉNOMÈNES SECONDAIRES

La structure de la koswite est celle que nous avons décrite antérieurement à propos de la même roche du Koswinsky. La magnétite en plages sidéronitiques moule et relie les uns aux autres les divers minéraux constitutifs, elle forme donc un ciment entre ces derniers. Les plages de fer oxydulé sont souvent fort développées, et il n'est pas rare d'y voir inclus en dehors des spinelles, un ou deux petits grains arrondis d'olivine; elles sont dispersées régulièrement et forment en quelque sorte un ciment continu, ou sont au contraire localisées.



Koswite. Coupe n° 1132. Chambre claire. Lumière naturelle. Grossissement = 2 : diam. M = magnétite. O = olivine. P = pyroxène. S = spinelle

Les phénomènes dynamiques sont à peine appréciables et consistent simplement en un morcellement de l'olivine.

Quant aux actions secondaires, elles sont également très réduites ces roches étant toujours d'une remarquable fraicheur. On observe simplement une serpentinisation de l'olivine selon les cassures qui ne va jamais jusqu'à la substitution complète de ce minéral par l'antigorite.

§ 5. *Monographie des types étudiés.*

N° 1074. Sur l'arête B; un peu à l'est du sommet principal.

Belle roche largement cristallisée. Pyroxène prédominant, renfermant quelques inclusions lamellaires; olivine plus rare, magnétite sidéronitique assez abondante avec spinelles, quelques plages sont bordées d'une mince bande de hornblende brune.

N° 1074. Arête B, sur le col.

Type plus riche en olivine que le précédent, celle-ci est broyée par places et transformée en mosaïques. Pyroxènes ordinaires. Magnétite sidéronitique avec spinelles, en plages plutôt petites mais nombreuses, disséminées très régulièrement.

N° 1132. Sur l'extrémité nord de la chaîne de Tilaï, à 1 kilomètre environ de la pointe de Poloudniéwaïa.

Cette variété est plutôt pauvre en olivine, la dimension des minéraux est plus petite que dans les deux types précédents, elle varie d'ailleurs par régions ; ça et là un pyroxène de grande taille se distingue parmi les autres minéraux. Magnétite abondante, en grosses plages sidéronitiques riches en spinelles, et toujours localisées. Très peu de hornblende vert pâle, à peine polychroïque, concentrée sur certains points.

N° 1066. Sommet du Kanjakowsky.

Koswite typique, assez riche en olivine avec grandes et nombreuses plages de magnétite sidéronitique très régulièrement réparties, et formant un ciment presque continu entre les minéraux ferro-magnésiens. L'olivine est localement brisée par des phénomènes dynamiques.

N° 1060. Sous le col entre l'arête A et la pointe sud de Garéwaïa.

Cette roche est une forme de passage aux pyroxénites. Elle est riche en olivine. La magnétite en petites plages sidéronitiques avec rares spinelles, ressoude localement les minéraux constitutifs, elle est comparativement très réduite.

N° 1071. Sur le chaînon A, en descendant du col sur B. Katécherskaïa.

Type pauvre en olivine qui y est localement écrasée et réduite en brèches à petits éléments entre les pyroxènes quasi intacts. Magnétite sidéronitique assez abondante, régulièrement répartie. La coupe présente un pyroxène renfermant en inclusion de la magnétite moulant un grain de spinelle :

N° 1129. Sur le prolongement septentrional de la chaîne de Tilaï, à quelques centaines de mètres au nord de la pointe Poloudniéwaïa.

Belle koswite d'un type également pauvre en olivine. Elle renferme par contre passablement de hornblende très pâle, à peine polychroïque, disséminée un peu partout. Magnétite sidéronitique très abondante, formant presque un ciment continu : elle renferme de gros spinelles.

N° 1056. Sous la pointe Palnitschnaïa.

Forme de passage aux pyroxénites. La magnétite beaucoup moins abondante que dans les types précédents mais encore accompagnée de spinelles, forme de petites plages sidéronitiques isolées.

N° 1115. Arête C, sur le dernier sommet du côté de l'est.

Cette koswite assez riche en olivine, est caractérisée par la grande abondance d'une hornblende brune d'un polychroïsme beaucoup plus accentué qu'à l'ordinaire, et d'une taille inaccoutumée. L'olivine est également très abondante, mais toujours écrasée en mosaïque entre les pyroxènes qui restent indemnes. Nombreuses et grandes plages de magnétite sidéronitique, emprisonnant des spinelles, voire même de petites olivines.

§ 6. *Composition chimique de la koswite.*

Analyse du N° 1129.

		Moyenne rapportée à 100 parties.		Quotients.	
SiO_2	=	36,92	36,55	0,609	
Al_2O_3	=	8,55	8,46	0,083	0,191 R_2O_3
Fe_2O_3	=	17,46	17,28	0,108	
[1]FeO	=	8,02	7,94	0,110	
CaO	=	18,20	18,02	0,322	0,725 RO.
MgO	=	11,87	11,75	0,293	
Perte au feu	=	0,15	—	—	
		101,17	100,00		

Coefficient d'acidité $\alpha = 0{,}94$

Formule magmatique $= 3{,}2\ SiO_2 : R_2O_3 : 3{,}8\ RO.$

Il est intéressant de comparer cette analyse avec la moyenne de 3 analyses que nous avons donnée pour la koswite de Koswinsky et qui est la suivante :

Analyse de la koswite de Koswinsky ramenée à 100.

SiO_2	=	40,43
Fe_2O_3	=	11,25
Al_2O_3	=	5,15
CrO_3	=	0,57
FeO	=	10,31
CaO	=	18,23
MgO	=	14,06
		100,00

Coefficient d'acidité $\alpha = 1{,}12.$

Formule magmatique $= 5{,}4\ SiO_2 : R_2O_3 : 6{,}7\ RO.$

[1] Un seul dosage de FeO a été effectué.

§ 7. *Considérations générales relatives aux koswites et aux pyroxénites.*

Le fait le plus intéressant qui se dégage de l'étude précédente est la très grande unité des pyroxénites qui se rencontrent dans l'immense boutonnière éruptive que représentent le Koswinsky, et la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky dans son ensemble. Ces pyroxénites ne forment cependant pas une traînée continue, elles sont interrompues entre le Koswinsky et le Tilaï par les roches du Katéchersky, lesquelles sont fort différentes comme nous l'avons montré antérieurement, mais cette discontinuité n'entraîne pas comme conséquence une modification quelconque dans la composition globale, l'association minéralogique et les caractères pétrographiques des pyroxénites et koswites du Koswinsky et de Tilaï. Les minéraux constitutifs restent les mêmes, leur mode d'association est invariable, et cette identité se poursuit jusque dans les caractères optiques de ces minéraux. Ainsi, par exemple, le pyroxène monoclinique prédominant qui paraît être une variété diopsidique un peu spéciale, se retrouve partout avec les mêmes caractères, et les variétés très peu nombreuses et très voisines du type principal qui l'accompagnent toujours, présentent constamment aussi les mêmes propriétés, que la roche soit une pyroxénite ou qu'elle soit une koswite.

Le caractère bien individuel de la koswite ressort une fois de plus de l'étude des variétés récoltées sur Tilaï, et ce n'est pas seulement la grande proportion de magnétite comme aussi la structure particulière de ce minéral qui établissent cette individualité. Nous avons montré en effet qu'au Koswinsky comme au Tilaï, les pyroxénites franches, très pauvres en magnétite et manquant de spinelles, comportent en moyenne 2,5 % en chiffre rond d'oxydes d'$Al_2O_3 + Cr_2O_3$. Ces deux oxydes sont incontestablement à attribuer ici au pyroxène qui est donc alumineux et très faiblement chromifère. Or dans la koswite, pour une basicité plus grande que celle des pyroxénites normales, la quantité d'alumine est cependant toujours notablement supérieure, et dépasse de 2,5 à 3 % dans la roche de Koswinsky, et 5,9 % dans celle de Tilaï la proportion ordinaire de cet élément dans les pyroxénites. Cet excès d'alumine n'est donc pas lié aux pyroxènes qui ont sensiblement les mêmes propriétés dans les deux roches, il correspond évidemment au développement des spinelles, dont l'abondance paraît indiscutablement liée à celle de la magnétite. L'absence totale d'alcalis et surtout de silice disponible en dehors de celle nécessaire à saturer les bases des métasilicates, rend la production des plagioclases impossible dans ces roches, et l'excès d'alumine de même que celui des oxydes de fer,

reste comme la scorie en quelque sorte du bain ferro-magnésien qui a donné naissance aux éléments des pyroxénites.

CHAPITRE IV

Description des roches de Tilaï. Les tilaïtes.

§ 1. Description macroscopique des tilaïtes et minéraux constitutifs. — § 2. Structure et transformations. — § 3. Monographie des types étudiés. — § 4. Composition chimique. — § 5. Formes de passage aux gabbros proprement dits, structure et composition. — § 6. Formes de passage aux pyroxénites. — § 7. Considérations générales relatives aux tilaïtes.

§ 1. *Description macroscopique des tilaïtes et minéraux constitutifs.*

Nous donnons le nom de « tilaïte » à des roches mélanocrates noirâtres, proches parentes des pyroxénites auxquelles elles passent d'ailleurs avec facilité. Elles sont toujours grenues, à grain plutôt fin, parfois l'un des éléments noirs s'y exagère en communiquant alors à la roche un aspect porphyroïde. Sur le terrain, ces roches se distinguent assez facilement, même chez les types très mélanocrates, des pyroxénites ordinaires, par un habitus spécial ; elles ne sauraient également être confondues avec les gabbros à olivine francs ordinaires.

Au point de vue microscopique, les minéraux constitutifs en sont les suivants : magnétite, spinelles, biotite, olivine, pyroxène monoclinique, hypersthène, hornblende et plagioclases.

MAGNÉTITE

Ce minéral, qui ne manque jamais, est cependant assez variable au point de vue quantitatif. Dans certaines roches il est abondant, dans d'autres au contraire,

plutôt rare. Son aspect dépend de sa fréquence, là où il est en effet abondant il se présente en petites plages sidéronitiques liant localement les pyroxènes, là où au contraire il est plus rare, on le rencontre en grains dispersés parmi les autres minéraux, souvent inclus dans les grands pyroxènes.

SPINELLE VERT

Le spinelle est très réduit, dans bon nombre de préparations il manque même tout à fait. Il est toujours lié à la magnétite, et apparaît donc dans les variétés où celle-ci devient sidéronitique. Il est alors entièrement emprisonné à l'état de rares et petits grains à l'intérieur du fer oxydulé. Les propriétés de ce spinelle sont celles déjà décrites, il est considérablement plus rare dans la tilaïte que dans la koswite.

BIOTITE

La biotite ne se rencontre également pas dans toutes les préparations examinées, et lorsqu'elle existe, c'est toujours en très petite quantité. Elle se cantonne ici comme d'ailleurs dans toutes les roches basiques du Koswinsky ou de Tilaï où nous l'avons rencontrée, toujours dans le voisinage immédiat de la magnétite qu'elle circonscrit parfois complètement, et présente des caractères optiques très uniformes. Elle est en effet uniaxe négative, le polychroïsme qu'on retrouve partout avec les mêmes teintes, se fait comme suit : n_g = rouge brun très foncé et très éclatant n_p = presque incolore, à peine brunâtre. Elle est très rarement emprisonnée dans les pyroxènes, mais au contraire se trouve sur la bordure de ces derniers, et mieux encore parmi les éléments feldspathiques.

OLIVINE

C'est après le pyroxène l'élément principal ; il ne l'emporte cependant jamais sur ce dernier. L'olivine se rencontre en grains arrondis et fissurés, parfaitement incolores en lumière naturelle, ce qui la distingue immédiatement des pyroxènes qui sont toujours légèrement colorés. Elle leur est antérieure, car on la rencontre quelquefois à l'état d'inclusions dans ces derniers. Les propriétés optiques sont celles de l'olivine des pyroxénites et des koswites ; les trois biréfringences ont été mesurées directement, et trouvées de : n_g-n_p = 0,036, n_g-n_m = 0,019, n_m-n_p = 0,017 : le signe optique est normal.

PYROXÈNE MONOCLINIQUE

Ce minéral est le plus important des éléments constitutifs. Les cristaux sont

raccourcis, sans formes géométriques appréciables; les clivages $m = (110)$ sont nets, le clivage $h^1 = (100)$ est plus rare; les fissures irrégulières sont nombreuses, et simulent parfois celles de l'olivine. En lumière naturelle, le pyroxène monoclinique est légèrement verdâtre, toutefois sans polychroïsme. Il ne renferme d'habitude pas d'inclusions lamellaires, il faut cependant faire une exception pour certains cristaux qui se développent quasi porphyriquement parmi les autres éléments qui, au contraire, sont criblés à tel point d'inclusions opaques ferrugineuses, qu'il est parfois impossible d'en déterminer les propriétés optiques et que ces grands cristaux forment comme des taches opaques dans les préparations. Ces inclusions sont alors distribuées d'une façon irrégulière, ou d'autrefois disposées selon des zones concentriques qui correspondent évidemment aux zones d'accroissement du minéral. Chose curieuse, en dehors de ces phénocristaux, les autres pyroxènes d'une même préparation sont parfaitement hyalins et généralement libres de ces inclusions lamellaires. Les pyroxènes monocliniques sont souvent mâclés, dans ce dernier cas c'est la mâcle $h^1 = (100)$ qui se rencontre exclusivement.

Le tableau suivant donne les propriétés optiques des pyroxènes.

Tableau des propriétés optiques du pyroxène de la Tilaïte.

Numéro.	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction	2V	Remarques.
1141	0,026	0,020	—	—	—	
	0,027	0,019	—	$41\frac{1}{2}$	—	Clivage h^1 net.
1133	0,024	0,020	—	42°	—	id.
	0,023	0,020	—	—	—	Section pas parfaitement centrée.
	—	0,022	—	—	—	—
163 b	0,026	0,022	0,005	—	51°18′	—
	0,025	0,022	—	$41\frac{1}{2}$	—	Clivage h^1 net.
166 x	0,025	0,021	—	—	—	Mauvais clivage.
	0,025	0,021	—	—	—	id.
	0,027	0,021	—	$41\frac{1}{2}$	—	Clivage h^1
	0,025	0,021	—	—	—	
164 a	0,025	0,021	—	—	—	Mauvais clivage.
	0,025	0,021	—	—	—	id.
	0,025	—	—	—	—	id.
162	0,026	0,021	—	41°	—	Clivage h^1.
	0,026	0,021	0,005	—		—
157	0,025	0,021	0,005	40°	51°14′	Clivage h^1.
	0,025	0,021	—	41°	—	id.
	—	0,020	—	—	—	—
165 a	0,025	0,021	—	42°	—	Clivage h^1.
	0,026	—	—	—	—	—
	0,025	—	—	40°	—	Clivage h^1.
	0,025	—	—	42°	—	id.
167	0,025	0,021	—	—	—	Mauvais clivage.
	—	0,022	—	—	—	id.
	—	0,021	—	—	—	id.
1143	0,027	0,021	—	$43\frac{1}{2}$	—	Clivage h^1.
1110	0,026	0,021	—	41°	—	id.
	0,027	0,021	—	41°	—	id.
1073	0,027	0,021	0,005	—	—	Mauvais clivage.
	—	—	0,004	—	—	
1074 bis	0,025	0,022	—	—	—	Mauvais clivage.
	—	0,020	—	—	—	—
1055	0,024	0,021	—	$44\frac{1}{2}$	—	Clivage h^1.
	0,025	—	—	—	—	—
1152	0,028	0,020	—	40°	52°20′	Clivage h^1.
1073 bis	0,026	0,020	—	41°	—	
1102	—	—	—	—	53°12′	—
1151	0,026	—	—	45′	5156	—
	0,027	0,021	—	—	—	—

Tableau des indices principaux des pyroxènes.

Numéros de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1144	Sn_m	1,7177	1,6973	1,6924	0,0253	0,0204	0,0049
		—	1,6973	—	—	—	
	Sn_m	1,7178	1,6959	1,6890	0,0288	0,0228	0,006
		—	1,6940	—	—	—	—
1143	Sn_p	1,7126	1,6914	1,6866	0,0254	0,0212	0,0042
		—	—	1,6878	—	—	—
	Sn_m	1,7120	1,6907	1,6863	0,0257	0,0209	0,0048
		—	1,6916	—	—	—	
1102	Sn_g	1,7153	—	—	0,0262	0,0218	0,0044
		1,7145	1,6931	1,6887	—	—	—
	Sn_m	1,7156	1,6950	1,6903	0,0253	0,0202	0,0051
1152		—	1,6953	—	—	—	—
		1,7160	1,6944	1,6895	0,0256	0,0207	0,0056
	Sn_g	1,7142	—				

Les tableaux qui précèdent montrent que la variété de pyroxène qui se rencontre le plus fréquemment dans les tilaïtes est celle caractérisée par les trois biréfringences suivantes :

$$n_g - n_p = 0{,}0255 \qquad n_g - n_m = 0{,}021 \qquad n_m - n_p = 0{,}005.$$

Ces chiffres sont systématiquement un peu différents de ceux trouvés pour le pyroxène prédominant dans les pyroxénites et la koswite qui sont, comme nous l'avons vu :

$$n_g - n_p = 0{,}027 \qquad n_g - n_m = 0{,}022 \qquad n_m - n_p = 0{,}005 - 0{,}006.$$

L'angle d'extinction est très sensiblement de 41°. Les valeurs au-dessous de ce chiffre n'ont pas été rencontrées. Il paraît donc que le pyroxène de la tilaïte évolue vers l'augite, ce qui n'a rien d'étonnant par suite de la composition chimique des tilaïtes dont nous parlerons un peu plus loin.

HYPERSTHÈNE

L'hypersthène est rare et point du tout constant dans les divers spécimens étudiés. Sans son polychroïsme qui permet de le reconnaître assez rapidement, il serait bien difficile à retrouver parmi les pyroxènes monocliniques. Il paraît se rencontrer plus particulièrement dans les variétés qui contiennent du mica rouge. Les

cristaux d'hypersthène sont mêlés aux autres éléments ferro-magnésiens, ou au contraire se rencontrent enclavés dans les pyroxènes monocliniques. Ils sont informes, toujours très petits, et ne renferment jamais d'inclusions lamellaires. Les propriétés optiques relevées très exactement sur les rares spécimens qui s'y prêtent sont les suivantes :

Le signe optique est toujours positif; l'angle des axes paraît voisin de 50°. Les trois biréfringences mesurées coïncident avec celles données par MM. Michel-Lévy et Lacroix, pour l'hypersthène ordinaire, soit n_g-$n_p = 0{,}013$, n_g-$n_m = 0{,}003$, n_m-$n_p = 0{,}010$, à ce point de vue cet hypersthène se distingue légèrement de celui que nous décrirons plus loin à propos des norites. Le polychroïsme toujours appréciable, se fait comme suit : n_g = verdâtre pâle n_m = jaunâtre n_p = brun rosé.

HORNBLENDE

Elle n'existe pas dans tous les spécimens, et se rencontre de préférence dans les variétés riches en magnétite sidéronitique où elle y est toujours rare d'ailleurs et joue un rôle très secondaire. Elle reste, comme le mica rouge, volontiers dans le voisinage de la magnétite; la présence simultanée du mica et de la hornblende est cependant exceptionnelle.

Les cristaux sont informes, toujours peu colorés; avec un polychroïsme faible qui se fait comme suit :

n_g = brunâtre n_m = brunâtre plus pâle n_p = brun très pâle presque incolore.

La valeur de l'angle d'extinction mesurée sur les sections $g^1 = (010)$ avec bons clivages oscille entre 18° à 20°; les trois biréfringences déterminées au compensateur ont été trouvées sur une même préparation de :

$$n_g\text{-}n_p = 0{,}022 \text{ et } 0{,}021 \quad n_g\text{-}n_m = 0{,}010 \quad n_m\text{-}n_p = 0{,}002.$$

Une seconde préparation a donné n_g-$n_p = 0{,}021$. Le signe optique est négatif; l'angle des axes optiques est voisin de 90°.

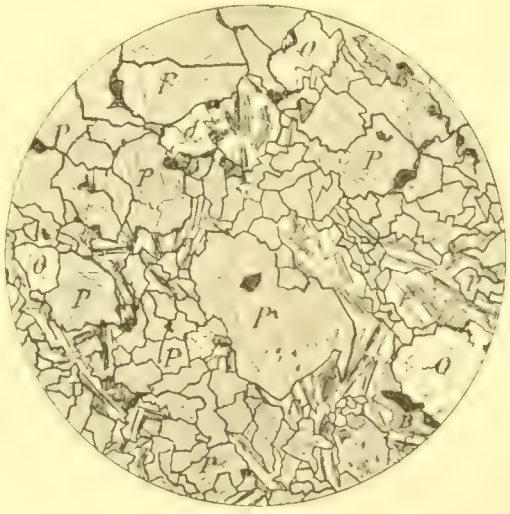
FELDSPATHS

Ils jouent un rôle très subordonné à celui des éléments ferro-magnésiens et sont mâclés selon l'albite, Karlsbad ou la péricline. Cette dernière mâcle est de beaucoup la plus fréquente, elle se rencontre en combinaison avec les deux autres, mais le plus ordinairement elle existe seule, et à première vue peut aisément être

confondue avec celle de l'albite, car elle est alors formée par le groupement de plusieurs individus lamellaires. Nous avons montré antérieurement[1] que cette confusion n'est plus possible après une mesure des angles d'extinction des lamelles 1 et 1', faite sur des sections perpendiculaires aux trois axes d'élasticité ou aux axes optiques, les valeurs obtenues étant totalement différentes de celles données par les mêmes sections mâclées selon l'albite pour les différents feldspaths. En général un des systèmes de lamelles est plus développé que l'autre, souvent représenté par des lamelles cunéïformes. Les variétés les plus répandues oscillent entre le labrador basique $Ab_3\ An_1$ et l'Anorthite: quelquefois on rencontre, mais beaucoup plus rarement, le Labrador $Ab_1\ An_1$.

§ 2. *Structure et transformations.*

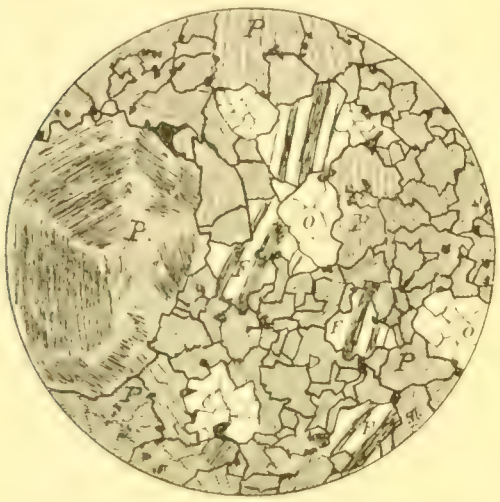
La structure de la Tilaïte est très caractéristique et sensiblement uniforme. C'est d'ailleurs celle réalisée dans une partie des gabbros du Pharkowsky-Ouwal, et appelée par nous structure cryptique. Les cristaux de pyroxène soudés par des petites plages sidéronitiques de magnétite, ou simplement pressés les uns contre les autres, forment un véritable canevas ou mieux une espèce d'éponge, dont les cryptes sont alors remplies par du feldspath. Ces cryptes feldspatiques sont toujours formées par la réunion de plusieurs individus différemment orientés; parmi les feldspaths on trouve ça et là un grain de magnétite, accompagné d'une auréole ou d'une lamelle de mica rouge. L'élément noir est rarement mêlé régulièrement aux feldspaths, cela se voit principalement sur les formes de passage aux gabbros à olivine ordinaires. Il est à



Tilaïte. Coupe n° 167. Lumière naturelle, les feldspaths sont dessinés en lumière polarisée. Grossissement = 13 diam. M = magnétite. P = pyroxène. O = olivine. F = feldspath. Structure cryptique.

[1] F. Pearce et L. Duparc. *Sur les données optiques relatives à la mâcle de la péricline.* Comptes-rendus de l'Académie, Paris, 1901.

remarquer que la dimension des inclusions feldspathiques est presque toujours inférieure à celle des pyroxènes. Quand cette disposition s'exagère, la roche prend un aspect particulier par suite du contraste que présentent les cristaux isométriques et agrégés en plages de l'élément ferro-magnésien, avec les cristaux isométriques mais de plus petite dimension des feldspaths localisés dans les cryptes. Parfois aussi les divers minéraux constitutifs, feldspaths y compris, paraissent disséminés en grands individus dans une masse plus finement grenue formée par les mêmes éléments, la roche prend alors sous le microscope une structure pseudo-porphyrique, qui est d'ailleurs assez commune chez les roches basiques du Koswinsky ou de Tilaï, et qui consiste simplement dans l'inégal développement de tous les minéraux constitutifs de la roche, non pas sur certaines plages seulement, mais dans toute celle-ci.



Tilaïte porphyroïde. Coupe nº 166. Lumière naturelle, les feldspaths sont dessinés en lumière polarisée. Grossissement = 13 diam. P = pyroxène. O = olivine. F = feldspath.

Dans certaines variétés, notamment dans celles rencontrées sur le contrefort des deux pointes de Garéwaïa raviné par la rivière de ce nom, quelques pyroxènes se développent porphyriquement au sein de la masse grenue formée par la réunion des autres éléments. Ces pyroxènes, peu nombreux d'ailleurs, sont de grande taille et mesurent jusqu'à 3 millimètres environ, tandis que les autres éléments n'excèdent guère 0,5^{mm}; ils sont, comme nous l'avons vu, saturés d'inclusions opaques. Souvent aussi dans la tilaïte on trouve des cristaux de pyroxène formant avec l'olivine des associations pœcilitiques.

Quant aux phénomènes secondaires, ils sont toujours peu considérables. Parfois les feldspaths sont entièrement kaolinisés et remplacés par des plages argileuses isolées parmi le pyroxène et l'olivine ; celle-ci présente également un commencement de serpentinisation qui n'est jamais bien avancé. Les phénomènes dynamiques sont également peu accusés, l'olivine est broyée par places tandis que les pyroxènes ont généralement peu souffert. Quant aux feldspaths, ils présentent parfois un léger ployement de leurs lamelles hémitropes, voire même des extinctions ondu-leuses.

§ 3. *Monographie des types étudiés.*

N° 166. Immédiatement sous le sommet de la pointe sud de Garéwaïa, flanc ouest.

Peu de magnétite en grains isolés et petites plages sidéronitiques avec spinelles. Beaucoup de pyroxène avec caractères ordinaires, quelques-uns d'entre eux se développent porphyriquement et sont chargés d'inclusions. Olivine assez répandue. Hornblende très rare, cantonnée près de la magnétite. Feldspath rare aussi, logé dans de petites cryptes.

1. Sections Sn_p mâclées selon la péricline.

Extinction de 1 $Sn_p = -34°$ / » 1′ $= +22°$ \ = Anorthite ; 1 $Sn_p = -35°$ / 1′ $= +25°$ \ Anorthite.

2. Section Sn_g avec clivage p et cassures h'.

Extinction de $n_p = -39°$ = Bytownite à 70 % An.

N° 164 *a*. Base de la pointe Sud de Garéwaïa, immédiatement au-dessus du replat.

Peu de magnétite en grains. Mica rouge très rare en petites lamelles libres ou enfermées dans les pyroxènes. Olivine abondante. Pyroxène prépondérant, fréquemment mâclé selon h^1, les cristaux à inclusions du numéro précédent font ici défaut. Feldspaths assez abondants.

1. Section Sn_p mâclée selon la péricline.

Extinction de 1 $Sn_p = -32°$ / » 1′ $= +21°$ \ = Anorthite.

2. Sections perpendiculaires à l'axe optique A mâclées selon la péricline.

Trace du plan des axes sur 1 SA $= -55°$ / Extinction sur 1′ $= -20°$ \ Anorthite $-56°$ / $-20°$ \ = Anorthite

Les divers éléments constitutifs sont anisométriques, les cristaux plus grands sont dispersés dans une masse de composition minéralogique identique mais plus finement grenue; c'est un acheminement vers la structure porphyrique.

N° 162. Crête sud de l'entonnoir de Garéwaïa, avant d'arriver au replat.

Peu de magnétite en petits grains. Olivine rare également. Pyroxènes abondants, quelques lamelles de mica rouge. Feldspaths bien développés, localisés dans

des cryptes et de dimension généralement plus petite que les autres minéraux constitutifs.

1. Section perpendiculaire à l'axe optique B, mâclé selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SB $= 65°$
$1'$ $= 65°$ } $=$ Anorthite.

Axe optique visible sur $1'$.

2. Section mâclée selon Ab perpendiculaire à l'axe optique B.

Trace du plan des axes sur 1 SA $= -52°$
Extinction de $1'$ $= -23°$ } $=$ Labrador $Ab_3\ An_4$.

3. Section Sn_m mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_m = 40°$
$1' = 33°$ } $=$ Anorthite à 85° An.

4. Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction de 1 Ab $= +38$
$1'$ $= -76°$ } $=$ Anorthite.

Mesures sur la péricline mauvaises.

5. Section SA, mâclée selon P.

Trace du plan des axes sur 1 SA $= 58°$

Extinction de $1'$ $= 19°$ dans le même sens que 1.

Il n'y a pas de doute sur la mâcle de la péricline, car dans le cas d'Ab $1'$ est voisin de SB ce qui n'est pas le cas ici, tandis que la biréfringence de $1'$ est au contraire voisine de n_g-n_p.

Structure cryptique ordinaire, légèrement protoclastique.

N° 165 *a*. Dans les éboulis du flanc O de la pointe sud de Garéwaïa, un peu au-dessus du replat.

Magnétite rare, en grains isolés. Olivine abondante en gros individus souvent mâclés, pyroxène monoclinique prépondérant, avec quelques rares inclusions lamellaires; plusieurs d'entre eux forment des associations pœcilitiques avec l'olivine. Hypersthène assez abondant, en petites sections d'un polychroïsme très marqué dans les teintes ordinaires. Très peu de biotite avec les caractères habituels. Feldspaths assez rares, de petite taille, mâclés selon K, Ab et P, à lamelles souvent ployées.

1. Section mâclée selon K, perpendiculaire à un axe optique.

Trace du plan des axes sur 1 SB $= -58°$
Extinction de 2 $= +5°$ } Labrador $Ab_3\ An_4$.

2. Section Sn_p bissectrice aiguë, mâclée selon P.

1 Sn_p Extinction de 33° par rapport au plan de mâcle = Anorthite.

L'extinction sur 1′ est inutilisable.

Structure cryptique ordinaire, les feldspaths sont de dimension notablement inférieure aux éléments ferro-magnésiens; par place ils sont kaolinisés. Phénomènes dynamiques légèrement accusés.

N° 157. Sommet de la crête nord de l'entonnoir de Garéwaïa, sur le replat.

Peu de magnétite. Olivine réduite, pyroxènes prépondérants, souvent mâclés selon $h^1 = 100$. Amphibole très rare en petites sections moulant les autres minéraux, couleur brunâtre, polychroïsme faible. Feldspaths plutôt rares.

1. Section mâclée selon Ab et K.

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Extinction de } 11' = 90 & 1 = 45^\circ \\ 22' = 56 & 2 = 28^\circ \end{array}\right\} = \text{Anorthite.}$$

2. Section SA, mâclée selon Ab.

$$\left.\begin{array}{r} \text{Trace du plan des axes sur 1 SA} = 57^\circ \\ \text{Extinction sur } 1' \quad = 23^\circ \end{array}\right\} \text{Labrador } Ab_3\,An_4.$$

3. Section voisine de Sn_p.

Extinction à 27° de la trace de g^1 = Labrador $Ab_3\,An_4$.

Structure cryptique ordinaire.

N° 167. Sur le flanc ouest de la pointe nord de Garéwaïa, à mi-hauteur du replat du sommet.

Magnétite assez abondante en grains idiomorphes ou en petites plages sidéronitiques. Biotite abondante également, en assez grandes lamelles toujours voisines du fer oxydulé. Olivine très répandue, à cassures soulignées par des éléments ferrugineux. Pyroxène légèrement verdâtre, renfermant quelques inclusions lamellaires. Feldspaths de petite taille, bien conservés, à extinctions roulantes et lamelles hémitropes ployées.

1. Section Sn_p, mâclée selon Ab.

$$\left.\begin{array}{r} \text{Extinction sur } 1\ Sn_p = +\,30 \\ 1' \quad = -\,39 \end{array}\right\} \text{Labrador à } 53\ \%.\ \text{An entre } Ab_1\,An_1 \text{ et } Ab_3\,An_4.$$

2. Section Sn_p, mâclée selon Ab et P,

$$\left.\begin{array}{r} \text{Extinction de 1 par rapport à Ab} = +\,32 \\ \text{»} \qquad\qquad\quad \text{P} = -\,50 \end{array}\right\} \text{Labrador } Ab_3\,An_4.$$

3. Section SB, mâclée selon P.

Trace du plan des axes sur 1 SB = — 57
Extinction sur 1′ = — 18
} Anorthite.

Structure cryptique ordinaire, les minéraux sont anisométriques, quelques pyroxènes dépassent les autres éléments en grandeur.

N° 1110. Extrémité de l'arête B.

Magnétite assez abondante, en plages sidéronitiques. Olivine écrasée, en cristaux transparents et incolores. Pyroxène prédominant, avec caractères habituels. Hornblende abondante, en petites sections formant ceinture aux pyroxènes dont elle paraît provenir. Feldspaths assez nombreux, généralement de petite taille.

1. Section perpendiculaire à l'axe optique B.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 57°
Extinction de 1′ = —20°
} Labrador $Ab_3 An_4$.

2. Section Sn_g.

Extinction de 32° pour n_p = Labrador $Ab_3 An_4$.

3. Section Sn_p, n_p bissectrice aiguë.

Extinction sur 1 Sn_p = 33°
1′ ? = —
} voisin de An.

Structure ordinaire : il existe côte à côte des mêmes minéraux de taille sensiblement différente. Légers phénomènes dynamiques.

N° 1152. Piton rocheux en place dans l'entonnoir de Garéwaïa.

Magnétite assez abondante, en petites plages sidéronitiques, accompagnées de mica rouge qui se trouve également mais plus rarement, et inclusions dans les pyroxènes. Olivine d'assez grande taille, à craquelures remplies d'éléments ferrugineux. Pyroxène formant de beaucoup l'élément principal, avec rares inclusions lamellaires ; les cristaux de plus grande taille forment volontiers des associations poecilitiques avec l'olivine. Quelques rares et petites sections d'hypersthène, reconnaissables à leur polychroïsme. Feldspaths assez abondants, localisés dans les cryptes, de dimension généralement plus petite que les pyroxènes.

1. Section perpendiculaire à l'axe A, probablement mâclée selon K.

Trace du plan des axes sur 1 SA = — 53°
Extinction sur 1′ ou de SA = + 19°
} = Voisin du Labrador $Ab_1 An_1$

2. Section mâclée selon Ab K et P perpendiculaire à n_p.

Extinction sur 1 Sn_p pour Ab	$= + 32°$	par rapport à P $= - 38°$	Bytownite
2 pour K	$= - 27°$	—	entre $Ab_3 An_4$
2′	$= + 2°$	—	et — An.

Une autre section mâclée de même, a donné :

Extinction sur 1 Sn_p pour Ab	$= + 35°$	Bytownite
2 »	$= - 33\ ^1/_2°$	= Entre $Ab_3 An_4$ et An.
2	$= - 4$	

Structure ordinaire. Légers phénomènes dynamiques.

N° 1074. Sur la crête de l'arête B, à une faible distance à l'est du sommet principal de celle-ci.

Magnétite assez abondante, avec spinelles verts. Olivine rare en sections informes. Pyroxènes nombreux, sans inclusions. Quelques petites sections de hornblende, de couleur vert-brunâtre. Hypersthène très rare, une ou deux petites sections seulement. Feldspaths peu abondants, mâclés selon Ab et P.

1. Section Sn_m, mâclée selon P.

Extinction sur 1 Sn_m	$= - 24°$	= Anorthite.
1′	$= + 74°$	

3. Section perpendiculaire à l'axe optique B.

Trace du plan des axes sur 1 SB	$= - 53°$	Labrador $Ab_3 A_4$.
Extinction sur 1′	$= - 20°$	

Structure ordinaire.

N° 1073. Au sommet principal du chaînon latéral B.

Beaucoup de magnétite sidéronitique avec spinelles. Olivine rare. Pyroxène très abondant, en cristaux et grains anisométriques. Hornblende vert-pâle en petits cristaux disséminés. Quelques très rares petites sections d'hypersthène. Feldspaths très frais, mâclés selon l'albite, Karlsbad et la péricline.

1. Section perpendiculaire à l'axe B, mâclée selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SB	$= 57°$	Entre $Ab_3 An_4$ et An.
Extinction sur 1′	$= 17°$	

2. Section Sn_g, mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 Sn_g	31°	33	Labrador-Bytownite.
» 1′	0°	0°	

3. Extinction dans la zone de symétrie de l'Albite.

Les valeurs obtenues oscillent entre 27° et 39° maximum = Labrador $Ab_3 An_1$. La structure tend vers celle des gabbros à olivine normaux.

N° 1073 *bis*. Au sommet principal du chaînon latéral B.

Magnétite abondante, en petits grains et plages. Olivine rare, quelques grains seulement. Pyroxène ordinaire. Amphibole vert sale, provenant sans doute d'ouralitisation. Feldspath assez abondant.

1. Section Sn_g, mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_g = 31° { Labrador 44° / Ab_3An_3 0° } = Labrador-Anorthite.
» 1′ = 7°

2. Section perpendiculaire à l'axe B.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 51° { 60° / 20° } { 64° / 15° } = Entre $Ab_3 An_1$ et An.
Extinction sur 1′ = 22°

3. Section Sn_p, mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = 31
1′ = 40° { Labrador à 55° % An.

Structure ordinaire.

N° 1055. Entre la pointe nord de Garéwaïa et la pointe Palnitschnaïa, au flanc est sous la crête.

Magnétite en plages sidéronitiques avec spinelles verts. Mica rouge assez rare. Olivine abondante, très craquelée, avec fissures remplies de magnétite. Très peu de hornblende brun sale. Pyroxènes prédominants à caractères ordinaires. Feldspaths abondants, toujours mâclés.

1. Section mâclée selon Ab et P.

Les extinctions mesurées par rapport aux traces des deux mâcles sont de ± 35 et ∓ 34 = Anorthite.

2. Section Sn_g, mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 Sn_g = 52° = Anorthite.

3. Section Sn_p, mâclée selon Ab.

Extinction 1 Sn_p = 28°
1′ = 90° { = Anorthite.

Structure ordinaire, les pyroxènes de même que l'olivine sont anisométriques.

N° 1141. En place sur l'extrémité ouest de la crête rocheuse encaissant la rive gauche des sources d'Jow.

Magnétite en petites plages sidéronitiques. Mica rouge rare, en petites lamelles. Peu d'olivine en petits grains. Pyroxène ordinaire. Amphibole assez abondante, en petites sections. Feldspath complètement décomposé, remplacé par une masse kaolinique. Structure dynamo-métamorphique, les éléments sont écrasés, l'élément blanc forme des traînées parallèles alignées parmi les éléments ferromagnésiens.

N° 1143. Sur la crête principale, immédiatement sous la pointe Tilaï, du côté sud.

Très peu de magnétite. Passablement d'olivine altérée. Hypersthène assez abondant, en petites sections polychroïques. Amphibole très répandue, mais toujours en petites sections. Feldspaths complètement kaolinisés. Phénomènes dynamiques accusés, les éléments constitutifs, notamment l'olivine, sont broyés par places.

N° 1133. Sur l'extrémité nord de la chaîne de Tilaï, à une petite distance du col qui sépare celle-ci de l'éperon boisé qui la termine.

Magnétite abondante, en plages sidéronitiques avec spinelles verts. Olivine très rare. Pyroxène prédominant, avec caractères ordinaires. Hornblende assez abondante, très peu colorée. Feldspaths rares, isolés dans des cryptes, presque entièrement kaolinisés et indéterminables.

N° 163 *b*. Sur la crête sud du ravin de Garéwaïa, à l'ouest de 164 *a*.

Magnétite très rare, en petits grains isolés. Olivine assez abondante, en grains morcelés à cassures soulignées de magnétite. Pyroxène prépondérant, avec caractères ordinaires. Feldspaths très frais localisés dans des cryptes, mâcles de l'albite de Karlsbad et de la péricline.

1. Section Sn_g mâclée selon Ab.
   Extinction de n_p sur 1 à 45° de $g^1 = (010)$ Anorthite An.
   Sur 1′ extinction à 0°.

2. Section mâclée selon P perpendiculaire à n_p.
   Extinction de 1 $Sn_p = 38°$ } Voisin de l'Anorthite.
   » 1′ = 30° }

N° 169. Piton rocheux en place, flanc sud de la pointe nord de Garéwaïa, à mi-hauteur entre le replat et le sommet.

Magnétite abondante, en grains et plages sidéronitiques. Un peu de mica rouge cantonné dans le voisinage du fer oxydulé. Olivine assez abondante et craquelée ; pyroxènes ordinaires. Feldspaths très frais, localisés dans des cryptes, mâcles de la péricline seules ou combinées, très fines.

1. Section perpendiculaire à l'axe B.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 55° } = Voisin de $Ab_3\ An_1$.
Extinction de 1′ = 23° }

§ 4. *Composition chimique.*

ANALYSES DES TILAÏTES

	N° 162	N° 163 *b*	N° 167	N° 169	N° 1152	N° 1102
SiO_2 =	45,56	46,85	45,74	45,53	45,09	45,35
Al_2O_3 =	11,38	9,10	5,21	9,16	10,81	11,27
Fe_2O_3 =	1,90	3,43	6,91	4,86	5,83	6,44
FeO =	6,52	8,75	8,33	9,34	7,94	6,42
MnO =	traces	id.	id.	id.	id.	id.
CaO =	17,10	15,52	12,80	15,04	15,21	15,28
MgO =	15,78	18,00	21,63	15,58	13,47	12,68
K_2O =	0,44	0,19	0,13	0,20	0,16	1,42
Na_2O =	0,90	0,76	1,02	0,87	1,39	
Perte au feu =	0,50	0,15	0,09	0,88	0,46	0,56
	100,08	102,75	101,86	101,46	100,36	99,42

N° 16*a* = Tilaïte pauvre en olivine, presque sans magnétite.

N° 163*b* = } Tilaïtes avec magnétite sidéronitique.
N° 169 = }

N° 167 = Tilaïte riche en olivine, avec magnétite sidéronitique.

N° 1152 = Tilaïte avec magnétite sidéronitique. Type relativement feldspathique.

N° 1102 = Tilaïte même type que le n° 1152.

La composition magmatique tirée de la moyenne des analyses précédentes est la suivante :

Moyenne ramenée à 100 parties.			Quotients.		
SiO_2	=	45,43	0,757		
Al_2O_3	=	9,44	0,0925	0,1225 R_2O_3.	
Fe_2O_3	=	4,86	0,030		
FeO	=	7,87	0,109	0,780 RO	0,799 R_2O + RO.
CaO	=	15,08	0,269		
MgO	=	16,10	0,402		
K_2O	=	0,21	0,0023	0,019 R_2O	
Na_2O	=	1,01	0,0164		
		100,00			

Coefficient d'acidité α = 1,29.

Rapport R_2O : RO = 1 : 41.

Formule magmatique : 6,1 SiO_2 : R_2O_3 : 6,5 RO.

§ 5. *Formes de passage aux gabbros proprement dits.*

Les Tilaïtes passent latéralement souvent par gradations insensibles, ou au contraire très brusquement, à des variétés considérablement plus feldspathiques, mésocrates, parfois même leucocrates, qui ne se distinguent en rien des gabbros à olivine ordinaires. Ces roches renferment de la magnétite avec spinelles verts, du pyroxène monoclinique, de la hornblende qui n'y est point constante, de l'olivine, et des plagioclases basiques du groupe des labradors-anorthite ; on y trouve rarement un peu d'hypersthène en petites plages micropegmatoïdes, les variétés à hypersthène établissent la liaison avec les norites dont il sera question plus loin.

La magnétite se rencontre en grains isolés aux formes octaédriques, ou en petites plages sidéronitiques qui renferment ça et là un grain de spinelle vert.

Le pyroxène monoclinique est toujours l'élément ferromagnésien principal; ses propriétés optiques sont données par le tableau ci-dessous :

Propriétés optiques du pyroxène.

Numéros.	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p	Extinction	2V	Remarques.
1089	0,028	0,021	—	41°	—	Clivage h^1 net.
—	0,028	—	—	—	—	id.
1125	0,027	0,021	—	41°	—	Mâcle h^1.
—	0,028		—	40 ½	—	—
—	0,026	—	—	—	—	—
—	0,027	—	—	41°	—	—
1109	0,024	—	—	—	—	très leucocrate
1076	0,026	0,022	—	—	—	—
—	0,025	0,020	—	—	—	—
1131	0,026	—	—	—	—	—
—	0,025	—	—	—	—	—
—	0,025	—	—	—	—	—
1073*bis* III.	0,023	0,018	—	—	—	—
—	0,023	0,019	—	—	—	—
—	0,023	0,019	—	—	—	—
—	0,024	—	—	—	—	—

Le signe optique et la dispersion sont normaux.

Les chiffres de la biréfringence maxima oscillent, comme on le voit, entre 0,023 et 0,028, ce qui indique évidemment la présence de divers types.

L'olivine est toujours rare et se rencontre sous sa forme habituelle. Quant à la hornblende, elle entoure généralement les grains de magnétite; elle est de couleur vert sale, peu colorée et faiblement polychroïque. Les biréfringences principales sont habituellement : $n_g - n_p = 0{,}020$; $n_g - n_m = 0{,}010$, avec une extinction sur $g^1 = 010$ de 16° pour n_g.

L'hypersthène, quand il existe, se trouve toujours en très petites sections légèrement polychroïques, avec bissectrice aiguë $= n_p$. Il forme volontiers comme dans les norites des associations micropegmatoïdes avec la magnétite.

Les feldspaths enfin sont généralement frais et correspondent à de l'anorthite pure ou à des types voisins sur la plupart des échantillons observés. Quant à la structure, elle est grenue, l'élément noir est assez régulièrement distribué parmi

les feldspaths, parfois deux ou trois pyroxènes sont agrégés en une seule et même plage par de la magnétite sidéronitique.

N° 1109. Dernier sommet le plus oriental sur l'arête latérale B.

Roche très leucocrate, à éléments plutôt petits. Pyroxène rare en sections de dimensions très inégales. Olivine très rare, en petits grains. Hornblende vert-brunâtre rare également. Magnétite avec spinelles verts en petites plages entourés d'une mince auréole de micropegmatite de hornblende et de pyroxène. Feldspaths formant l'élément principal :

1. Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction sur 1 Sn_p = 35 } Anorthite.
» 1′ = ? }

2. Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction sur 1 pour Ab = + 35° } Labrador $Ab_3\ An_1$.
1 » P = — 48° }

3. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 Sn_p = 30° } Labrador 52 % An (Fouqué).

N° 1076. Sur le chaînon latéral B, dernier piton rocheux avant le col.

Jolie roche très fraîche, mésocrate : magnétite abondante, en plages sidéronitiques avec spinelles verts. Pyroxènes verdâtres ordinaires. Hornblende assez fréquente, en petites sections vert-brunâtre. Feldspaths en jolis grains idiomorphes :

1. Section Sn_p mâclée selon Ab et P. n_p = bissectrice aiguë.

Extinction de 1 pour Ab = + 35° } Anorthite.
» 1 » P = — 35° }

2. Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction de 1 Sn_p = 30° Labrador à 52 % An.

N° 1131. Sur le prolongement nord de la chaîne de Tilaï, à un kilomètre environ du nord de la pointe Poloudniéwaïa. Magnétite avec spinelles verts. Pyroxène assez abondant, olivine rare en petits grains. Quelques petites sections de hornblende. Feldspaths prépondérants.

1. Section Sn_p mâclée selon P avec fines lamelles selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = — 35° } = Anorthite.
» 1′ = + 26° }

2. Section Sn_p mâclée selon P.

Extinction de 1 Sn_p = — 33° / 1′ + 25 } = Anorthite.

N° 1125. Flanc sud-est de l'éperon basé qui termine la chaîne de Tilaï vers le nord, roche en place dans la forêt. Forme de passage aux norites. Magnétite abondante avec spinelles verts; un peu d'apatite. Pyroxène assez abondant, en partie ouralitisé selon les clivages en une hornblende verdâtre peu polychroïque. Quelques petites sections d'hypersthène formant localement de jolies micropegmatites avec la magnétite. Feldspaths bien développés.

1. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = 22° / 1′ 21° } Andesine.

2. Sections mâclées selon Ab et K.

Extinction de 1-1′ = 50° 1 = 25° / 22′ = 96° 2 = 48° } = Anorthite 11′ = 84° 1 = 42° / 22′ = 55° 2 = 27°1/2 } Anorthite.

N° 1089. Roche en place sur l'arête latérale C′ au delà du col qui fait suite à la pointe Loss vers l'est.

Roche très fraîche, mélanocrate. Au microscope : Un peu de magnétite avec spinelles chromifères. Pyroxène abondant, en beaux cristaux légèrement verdâtres. Olivine rare, en grains craquelés moulés par le pyroxène. Passablement de hornblende vert-jaunâtre entourant d'habitude les plages de magnétite comme dans la koswite; quelques très petites sections d'hypersthène non polychroïque, reconnaissables uniquement par leur signe optique négatif. Feldspaths très abondants et frais :

1. Section Sn_g bissectrice obtuse.

Extinction sur 1 Sn_g = 50′ / 1′ = 0 } Anorthite.

2. Section SB mâclée selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 65° / Extinction sur 1′ = 20° } Anorthite.

3. Section mâclée selon Ab et P.

Extinction sur 1 Sn_p pour Ab = + 34 1/2° / » 1 » P = — 31° } = Anorthite.

4. Section SA, mâclée selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SA = — 20° } = Anorthite.
Extinction de 1′ = — 54° }

La structure est parfaitement grenue et les divers minéraux constitutifs toujours isométriques.

N° 1073 *bis* III. Sommet principal du chaînon latéral B.

Assez peu de magnétite en petits grains ou plages. Pyroxène abondant en cristaux anisométriques, les uns assez grands, les autres de beaucoup plus petite taille, légèrement ouralitisés en une amphibole vert sale à peine polychroïque. Olivine rare, quelques grains seulement. Feldspaths remarquablement frais, très propices à de bonnes mesures.

1. Section Sn_g mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_g = 31° } Labrador $Ab_3 An_1$.
1 = 7° }

2. Section SB mâclée selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 51° } Labrador-Bytownite.
Extinction de 1′ = 22° }

3. Section Sn_g.

Extinction sur 1 Sn_g = 44° Voisin de An.

4. Sections SB mâclées selon Ab.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 60° puis 64° } Voisin de An.
Extinction de 1′ 20° 15° }

5. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = 31 } Labrador à 55 % de An.
1′ = 40° }

Structure ordinaire.

N° 1077. Dernier piton rocheux à l'ouest du col principal du chaînon latéral B.

Roche plutôt leucocrate. Au microscope, assez peu de magnétite en plages et grains, avec spinelles verts. Pyroxène abondant avec caractères ordinaires. Olivine en proportion à peu près égale au pyroxène en grains arrondis incolores. Un peu de hornblende brune, généralement cantonnée dans le voisinage de la magnétite.

Feldspaths très abondants.

1. Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction de 1 $Sn_p = 35°$ } Anorthite.
1′ = ?

2. Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction sur 1 P = — 35° 1 Ab = + 34° } Anorthite.
1′ = ? 1′ = — 75°

3. Section Sn_p bissectrice aiguë.

Extinction de 1 $Sn_p = 34\ ^1/_2°$ } Anorthite.
1′ = ?

Structure ordinaire.

Composition chimique des gabbros à olivine.

Analyse du N° 1089.					Quotients.
SiO_2	=	40,30	0,671		
Al_2O_3	=	17,14	0,168	0,221 R_2O_3	
Fe_2O_3	=	8,53	0,053		
FeO	=	6,90	0,096	0,596 RO	0,627 R_2O + RO
CaO	=	16,40	0,293		
MgO	=	7,92	0,198		
MnO	=	0,65	0,009		
K_2O	=	0,66	0,007	0,031 R_2O	
Na_2O	=	1,49	0,024		
Perte au feu	=	0,46			
		100,45			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1{,}03$.
Formule magmatique : 3 SiO_2 : R_2O_3 : 2,8 RO.
Rapport R_2O : RO = 1 : 19.

§ 6. *Formes de passage aux pyroxénites.*

La Tilaïte passe également aux pyroxénites ou mieux à la koswite par régression progressive des feldspaths et par développement plus considérable de la magnétite.

Les variétés intermédiaires sont généralement assez largement cristallisées, elles renferment des spinelles verts, de la magnétite, du mica rouge, plus rarement de la hornblende, des pyroxènes et des feldspaths. (Coupes N° 1073 et 1147.)

La magnétite, très abondante, y forme de larges plages sidéronitiques absolument analogues à celles de la koswite, qui renferment çà et là quelques petits grains de spinelle vert. Il est à remarquer que ce dernier minéral est sensiblement plus restreint que dans les koswites ordinaires, ce qui n'a rien de surprenant d'ailleurs, l'alumine ayant été en grande partie feldspathisée.

La biotite est rare et toujours liée à la magnétite dont elle borde souvent les plages; ce minéral possède exactement les mêmes propriétés optiques que celles décrites à propos de la koswite.

L'olivine est plutôt rare et quantitativement très inférieure aux pyroxènes: elle présente des formes arrondies et de nombreuses craquelures remplies d'éléments ferrugineux.

Les pyroxènes très abondants, ne renferment généralement pas d'inclusions lamellaires. Sur $g^1 = (010)$ leur angle d'extinction oscille entre 41° et 42°: les mesures ont été faites sur des sections présentant de bons clivages h^1 (100).

Les trois biréfringences principales mesurées directement au compensateur sur plusieurs sections parfaitement centrées, ont été trouvées de :

$$n_g - n_p = 0{,}027 \qquad n_g - n_m = 0{,}022 \qquad n_m - n_p = 0{,}005$$

Ces chiffres sont identiques aux moyennes trouvées pour le pyroxène de la koswite, ils diffèrent par contre légèrement de ceux donnés pour le pyroxène de la tilaïte, comme on pourra le voir par comparaison des tableaux résumant les propriétés optiques de ce minéral dans les deux roches en question.

La hornblende est rare et présente les caractères précédemment indiqués.

Quant aux feldspaths, les déterminations qui suivent montrent qu'ils appartiennent exclusivement aux variétés les plus basiques.

1. Section Sn_g, mâcles selon Ab.

Extinction sur 1 $Sn_g = 28°$ / » » 1′ = ? } Labrador — 32° / ? } Labrador $Ab_3\ An_1$.

2. Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 $Sn_p = 34°$ / » » 1′ = ? } Anorthite.

La structure rappelle à la fois celles de la koswite et de la tilaïte. Les éléments ferro-magnésiens sont réunis par de grosses plages de magnétite sidéroniti-

que et forment presque la totalité de la roche. Çà et là on trouve une crypte occupée par un ou plusieurs feldspaths, généralement très frais et toujours mâclés.

Composition chimique.

	Analyse du N° 1147.	Moyenne ramenée à 100 parties	Quotients.		
SiO_2 =	41,75	41,17	0,686		
Al_2O_3 =	7,92	7,91	0,077	= 0,154 R_2O_3	
Fe_2O_3 =	12,46	12,31	0,077		
FeO =	11,56	11,42	0,158		
MnO =	0,72	0,71	0,001	= 0,663 RO	0,684 R_2O + RO
CaO =	16,84	16,64	0,297		
MgO =	8,40	8,30	0,207		
K_2O =	0,63	0,63	0,007	= 0,021 R_2O	
Na_2O =	0,92	0,91	0,014		
	101,20	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1{:}18$.
Formule magmatique 4,4 SiO_2 : R_2O_3 : 4,4 RO.
Rapport R_2O : RO = 1 : 31.

§ 7. *Considérations générales relatives aux tilaïtes.*

Dans le premier volume de cet ouvrage, nous avons décrit à propos du Pharkowsky-Ouwal, une roche que nous avons appelée gabbro à olivine, en nous inspirant pour cela strictement des principes de la classification minéralogique. La composition chimique de cette roche ne nous paraissait cependant guère compatible avec celle du magma gabbroïque ordinaire, mais croyant cette variété localisée seulement dans le contrefort rocheux du Koswinsky que nous avons appelé Pharkowsky-Ouwal, nous n'avons pas voulu créer une espèce qui ait eu le tort grave d'être tout à fait locale. L'étude que nous venons de faire des roches de la chaîne de Tilaï montre clairement qu'il n'en est pas ainsi, et que la roche que nous appelons maintenant « tilaïte » qui est d'ailleurs presque identique à celle du Pharkowsky-Ouwal comme on pourra le constater par les analyses et les formules ci-dessous, possède réellement une individualité pétrographique.

	Analyse de la Tilaïte. (Moyenne)	Analyse du gabbro à olivine du Pharkowsky-Ouwal. (Moyenne)
SiO_2	= 46,28	45,43
Al_2O_3	= 9,41	9,43
Fe_2O_3	= 3,36	4,86
FeO	= 9,10	9,87
CaO	= 15,77	15,04
MgO	= 13,49	16,10
K_2O	= 0,93	0,21
Na_2O	= 1,66	1,01
	100,00	100,00

Formule magmatique de la tilaïte = 6,1 SiO_2 : R_2O_3 : 6,5 RO α = 1,29.

Formule magmatique du gabbro du Pharkowsky = 6,7 SiO_2 : R_2O_3 : 6,7 RO α = 1.12.

Cette individualité découle non seulement du caractère des minéraux associés, mais encore de la structure de la roche, de sa composition particulièrement constante, et de la remarquable unité qu'elle présente à ces divers points de vue sur une grande étendue.

La Tilaïte n'est pas un gabbro à olivine au sens chimique du mot et la comparaison de sa composition avec celle des véritables gabbros hyperbasiques de la même chaine est démonstrative ; ces derniers sont plus basiques, considérablement plus riches en alumine et sensiblement plus pauvres en magnésie ; ce qui traduit exactement le grand développement de l'anorthite, et la régression des pyroxènes et surtout de l'olivine.

Nous ne pensons pas non plus qu'on doive faire de la tilaïte une simple variété de pyroxénite ou de koswite caractérisée par la présence d'un feldspath basique parmi les éléments constitutifs. Sans doute il existe des formes de passage entre ces différentes roches, mais nous avons vu cependant que la tilaïte possède un caractère chimique bien défini et très constant, qu'elle garde d'ailleurs d'un bout à l'autre de la chaine ; d'autre part, il est certain que la tilaïte présente une analogie manifeste et à tous les points de vue, avec d'autres roches basiques de l'Oural, décrites antérieurement par M. Lewinson-Lessing ou par d'autres auteurs. Dans ces conditions il nous paraît naturel de penser que la tilaïte n'est pas un faciès local ni accidentel des pyroxénites, mais qu'elle correspond au contraire à un type pétrographique bien défini, qui paraît se retrouver assez fréquemment dans les grands centres éruptifs des roches basiques abyssales. Nous ferons observer égale-

ment que les formes de passage existent pour toutes les roches, ce qui n'empêche pas cependant de distinguer des types plus particulièrement constants et plus stables en quelque sorte que d'autres, et ce qui légitime à notre avis l'idée d'en faire des espèces.

Il est intéressant de signaler en passant le fait que le pyroxène de la tilaïte paraît être un peu différent de celui de la koswite et des pyroxénites. Il est sans doute légèrement plus alumineux et se rapproche d'avantage de l'augite. Cela découle des propriétés optiques relevées, notamment des biréfringences. En effet, abstraction faite de quelques variations locales, les biréfringences du pyroxène de ces deux roches sont en moyenne les suivantes :

Koswite et pyroxénites :	n_g-n_p = 0,027 à 0,028	n_g-n_m 0,022	n_m-n_p 0,006
Tilaïte	n_g-n_p = 0,025	» 0,021	» 0,005

Cette variation paraît en relation avec l'apparition des feldspaths, qui entraîne comme conséquence une augmentation dans la teneur en alumine du pyroxène.

CHAPITRE V

Description des roches de Tilaï. Les norites.

§ 1. Minéraux constitutifs des norites. — § 2. Structure et phénomènes d'altération. — § 3. Principales variétés observées. — § 4. Monographie des types étudiés. — § 5. Composition chimique des norites et formule magmatique. — § 6. Considérations générales relatives aux norites.

§ 1. *Minéraux constitutifs des norites.*

Ces belles roches qui sont presque toujours d'une remarquable fraîcheur, présentent une structure grenue, à grain moyen. Elles sont généralement mésocrates,

jamais mélanocrates comme c'est le cas pour les gabbros ouralitisés qu'elles touchent au Cérébriansky. L'élément noir n'y forme pas des concentrations locales ou des « schlieren », il est toujours régulièrement réparti parmi les feldspaths.

Ces norites se rencontrent, comme nous l'avons vu, sur la crête de la chaine au sud du Cérébriansky ; on les trouve aussi intercalées localement dans les gabbros ou les pyroxénites sur l'extrémité de l'arête B, puis sur l'arête C, et enfin sur les éperons qui se détachent du flanc occidental du massif du Cérébriansky contre Poloudniéwaïa.

Au microscope, les minéraux constitutifs des norites sont : apatite, magnétite, spinelle, biotite, hypersthène, pyroxène monoclinique, hornblende, olivine et plagioclases basiques.

APATITE

Ce minéral est assez rare, il se rencontre généralement en inclusions dans les éléments ferromagnésiens, on le trouve cependant à l'état libre parmi les feldspaths. Les cristaux sont plutôt courts, et relativement assez gros. Ils ne paraissent pas terminés ; leurs propriétés optiques sont normales, les sections hexagonales montrent une croix noire uniaxe négative.

SPINELLE VERT

Les spinelles ne se trouvent pas dans toutes les norites que nous avons examinées ; leur présence est liée à l'abondance de la magnétite. Ils se présentent alors en grains d'un beau vert foncé, toujours fissurés, et généralement inclus dans les plages de fer oxydulé.

MAGNÉTITE

La magnétite est assez répandue ; elle se rencontre à l'état libre, ou en inclusions dans l'élément noir. Dans ce dernier cas, elle affecte principalement la forme de grains sur lesquels on observe souvent un contour géométrique. Lorsque la magnétite devient abondante, elle prend alors l'aspect de petites plages sidéronitiques qui servent à relier les uns aux autres quelques cristaux de pyroxène.

BIOTITE

Le mica noir ne fait jamais défaut dans les norites dépourvues d'olivine, il y est parfois assez abondant tout en restant cependant très inférieur aux autres minéraux ferro-magnésiens au point de vue quantitatif. On peut remarquer qu'il se

cantonne toujours à proximité immédiate de la magnétite qu'il entoure et qu'il moule volontiers. Les lamelles de biotite sont le plus souvent incluses dans les pyroxènes, elles se rencontrent cependant parmi les feldspaths, mais toujours associées à de la magnétite ; leur dimension est petite, les formes hexagonales n'ont pas été observées. Les propriétés optiques de cette biotite sont les suivantes : Sur les sections perpendiculaires à $p = (001)$ l'extinction se fait toujours à 0° du clivage p, la biréfringence n_g-n_p est très élevée et dépasse 0,04 ; cette biotite est rigoureusement uniaxe négative. Le polychroïsme très intense est comme suit :

n_g = rouge-brun très foncé n_p = brun-jaunâtre très pâle.

PYROXÈNE MONOCLINIQUE

Le pyroxène monoclinique forme toujours le minéral ferro-magnésien qui prédomine. Les cristaux sont informes, faiblement allongés selon la zone du prisme. Les clivages $m = (110)$ sont toujours marqués, le clivage $h^1 = (100)$ fin et serré, est assez fréquent ; il existe en outre toujours de nombreuses cassures irrégulières. Le pyroxène monoclinique est souvent mâclé selon $h^1 = (100)$, les mâcles sont simples ou répétées, dans ce dernier cas plusieurs des individus sont lamellaires ; on rencontre aussi des mâcles du pyroxène monoclinique avec l'hypersthène, mais elles sont plutôt rares et se font conformément à ce que l'on connaît, la face h^1 du pyroxène monoclinique se réunissant à g^1 de l'hypersthène. Les inclusions lamellaires si fréquentes dans les diallages, font ici presque complètement défaut ; les cristaux sont remarquablement frais, de couleur très légèrement verdâtre en lumière naturelle, dépourvus de polychroïsme. Les propriétés optiques des pyroxènes, relevées sur un grand nombre de sections appartenant à la même coupe ou à des coupes différentes, sont résumées dans le tableau suivant ; le signe optique toujours positif n'y a pas été figuré.

Tableau des propriétés optiques du pyroxène monoclinique.

Numéro de la coupe.	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p	Extinction	2V	Observations
1098	0,028	0,022	0,006	45°	—	Mauvais clivages.
	0,027	0,022	—	36°	—	Clivages h^1 nets
	0,026	0,021	—	—	—	—
	0,025	0,021	0,004	—	—	—
	0,022	0,019	0,003	—	—	—
1074	0,022	—	0,005	—	—	—
	0,020	—	0,002	—	—	—
	0,022	—	0,005	—	—	—
	0,022	—	0,003	—	—	—
1054	0,027	0,021	—	37°	—	—
1113	0,026	0,021	0,005	—	—	—
	—	0,020	0,005	—	—	—
	—	0,021	0,005	—	—	—
1136	0,026	—	—	34°	—	Clivage h^1.
	0,025	—	—	46°	—	id.
	0,026	—	—	41°	—	id. très net, bonne mesure.
1124	0,025	0,021	—	—	—	—
	—	0,021	—	—	—	—
1084	0,027	0,022	—	46	—	Mauvais clivages.
	0,025	—	—	43	—	Clivage h^1 net.
	0,023	—	—	44	—	id.
	0,024	0,021	—	43	—	id.
1104	0,029	—	—	45°	—	id.
	0,027	—	—	45°	—	id.
	0,027	—	—	45	—	id.

Nous avons déterminé directement les indices et calculé les biréfringences par différence, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau des indices des pyroxènes pour la raie D.

Numéro de la coupe.	Orientation des sections.	n_g	n_m	n_p	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p
1124	Sn_p	1,7198	1,6991	1,6929	0,0269	0,0207	0,0062

Ces déterminations montrent que le pyroxène principalement développé, est

une variété qui appartient par ses trois biréfringences principales au groupe du diopside. Il paraît cependant exister des termes sans doute légèrement alumineux, à biréfringences plus basse, (n_g-$n_p = 0{,}022$), qui évoluent vers l'augite, mais il sont considérablement plus rares.

HYPERSTHÈNE

Il a le même habitus que le pyroxène, les cristaux sont cependant plus allongés, et se distinguent immédiatement par un polychroïsme toujours appréciable; ils sont de grande taille, ou d'autrefois sensiblement plus petits que le diopside. Les inclusions lamellaires y sont fort rares; les clivages toujours nets, les cassures fréquentes et irrégulières.

L'hypersthène est antérieur au pyroxène monoclinique qui le moule fréquemment ou dans l'intérieur duquel on le trouve à l'état d'inclusion. L'allongement des cristaux est toujours positif, le signe optique est négatif, le polychroïsme plus ou moins intense sur les divers spécimens examinés se fait comme suit :

n_g = vert très pâle n_m = verdâtre n_p = brun rosé ou couleur de chair.

Les propriétés optiques de l'hypersthène sont consignées dans les tableaux suivants :

Tableau des propriétés optiques de l'hypersthène.

Numéros.	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p	2V	Remarques.
1036	0,016	—	—	—	—
	0,0165	—	0,012	—	—
1104	0,016	—	—	—	Inclusions lamellaires.
	0,016	—	—	—	—
1084	0,015	—	—	—	—
1067 bis	0,015	—	0,013	—	—
1124	—	—	0,013	—	—
1098	0,017	0,002	0,012	—	—
	0,017	—	0,012	—	—
			0,012	—	—
1054	0,017	—	—	—	Type à olivine abondante.
1113	0,018	—	—	—	—
1082	0,017	—	0,012	61°	—
	0,017	—	—	—	—
	0,017	—	—	—	—

Tableau des indices de l'hypersthène.

Numéros.	Orientation.	n_g	n_m	n_p	n_g-n_p	n_g-n_m	n_m-n_p
1124	Sn_m	1,7129	1,7100 1,7098	1,6979	0,015	0,003	0,012

Ces propriétés optiques diffèrent assez notablement de celles données par divers auteurs pour l'Hypersthène. les constantes optiques de ce minéral sont en effet d'après M. Michel-Lévy :

$n_g = 1{,}705$ $\quad n_g$-$n_p = 0{,}013$
$n_m = 1{,}702$ $\quad n_g$-$n_m = 0{,}003$
$n_p = 1{,}692$ $\quad n_m$-$n_p = 0{,}010$

L'angle des axes optiques = 50 .

HORNBLENDE

Elle ne se rencontre pas dans toutes les variétés, et affecte surtout celles qui contiennent de la magnétite sidéronitique et des spinelles. Il est à remarquer que lorsqu'il y a de la biotite dans les norites, la hornblende disparaît presque toujours et vice-versa. Elle se cantonne comme le mica dans le voisinage de la magnétite et présente des caractères analogues à la hornblende de la koswite du Koswinsky. Toujours peu colorée, elle présente un polychroïsme assez faible qui est comme suit:

n_g = vert brunâtre sale $\quad n_p$ = vert jaunâtre très pâle.

L'extinction sur $g^1 = (010)$ se fait à 21°, les biréfringences n_g-n_p mesurées à plusieurs reprises ont été trouvées de :

n_g-$n_p = 0{,}020$ et $0{,}022$ $\quad n_g$-$n_m = 0{,}009$.

Le signe optique est négatif, l'angle 2V ordinaire.

OLIVINE

Ce minéral ne se trouve que dans certaines variétés, les moins nombreuses d'ailleurs; là où il existe par contre, il est toujours abondant mais rarement bien conservé. Il est fortement craquelé, les fissures sont d'habitude remplies par de la magnétite.

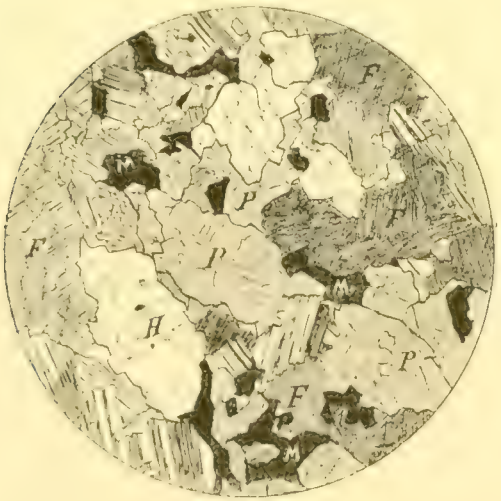
PLAGIOCLASES

Ils appartiennent à la série basique, mais sont cependant en moyenne plus acides que ceux des tilaïtes et gabbros ordinaires de la région.

Les mâcles de l'albite et de la péricline sont fréquentes, celles de Karlsbad sont plus rares. Le type dominant paraît être le labrador $Ab_1\ An_1$, on trouve fréquemment aussi l'andesine basique à 41 % d'An, mais seulement dans les norites franches. Par contre les variétés à olivine ont des feldspaths plus basiques qui comprennent divers termes entre $Ab_1\ An_1$ et An. Le labrador à 60 % d'An, le type $Ab_3\ An_4$, la bytownite et l'anorthite se montrent le plus fréquemment. De toute façon, il est avéré que dans une seule et même roche on peut constater la coexistence de types divers, fait dont nous avons antérieurement déjà montré toute la généralité.

§ 2. *Structure et phénomènes d'altération.*

La structure est toujours parfaitement grenue; les minéraux constitutifs sont d'habitude plus ou moins isométriques et assez régulièrement mêlés les uns aux autres. On observe fréquemment la formation de plages d'élément noir constituées par la réunion de deux ou trois cristaux de pyroxène généralement soudés les uns aux autres par de la magnétite sidéronitique.



Norite. Coupe n° 1101. Lumière naturelle, les feldspaths en lumière polarisée. Grossissement = 22 diam. P = pyroxène monoclinique. H = hypersthène. M = magnétite. F = feldspath.

Les éléments ferro-magnésiens forment volontiers des associations micropegmatoïdes avec d'autres minéraux, on rencontre en effet souvent :

1° Des micropegmatites de pyroxène (hypersthène ou diopside) avec de la magnétite. La fraîcheur des pyroxènes qui présentent ce genre de phénomène exclut toute idée d'une origine secondaire. Ces micropegmatites sont fréquemment circonscrites par des mica rouges, elles ne se rencontrent pas sur tous les cristaux de pyroxène.

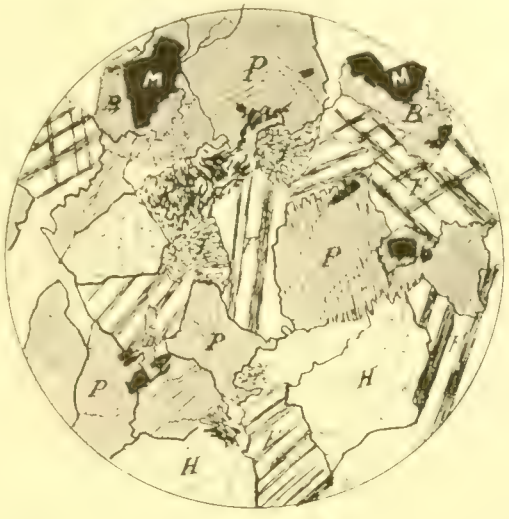
2° Des micropegmatites de feldspath et de pyroxène orthorhombique et mono-

clinique. Elles sont plus rares que les précédentes et les accompagnent généralement.

3° Des micropegmatites de magnétite et d'amphibole, qui sont probablement des micropegmatites de pyroxène ouralitisé.

3° Des micropegmatites de spinelle vert et de pyroxène.

Les phénomènes d'altération comportent tout d'abord la kaolinisation des plagioclases qui sont alors transformées en une masse amorphe grisâtre. En second lieu l'olivine subit fréquemment, soit une serpentinisation partielle, soit une rubéfaction incomplète. Les pyroxènes rhombiques enfin présentent souvent une bastitisation très réduite selon les cassures.



Norite à micropegmatites. Coupe n° 1084. Lumière naturelle, les feldspaths en lumière polarisée. Grossissement = 22. P = pyroxène. M = magnétite. B = biotite. H = hypersthène. Micropegmatites d'hypersthène et de feldspath puis d'hypersthène et de magnétite.

Les modifications d'origine dynamiques sont également assez rares, et n'ont guère été rencontrées que sur certaines variétés de l'extrémité des arêtes B et C, elles sont alors bien accentuées et communiquent même à la roche une structure parallèle. Les éléments ferro-magnésiens sont écrasés, morcelés, puis étirés en traînées parallèles alignées au sein des éléments feldspathiques complètement kaolinisés qui forment de la sorte une espèce de base.

§ 3. *Principales variétés observées.*

On peut distinguer deux types nettement caractérisés comme tels, à savoir :

1° Les norites franches.

2° Les norites à olivine.

Les norites franches représentent le type le plus répandu et le plus important. L'hypersthène généralement de grande taille, y est subordonné au pyroxène monoclinique. Ce mica rouge est la règle, le hornblende, l'exception.

La magnétite existe simultanément en grains idiomorphes et en plages sidé-

ronitiques toujours petits et très localisés. Les feldspaths qui atteignent l'acidité de l'andesine, sont cependant en grande majorité du labrador Ab_1 An_1 bien que les termes compris entre Ab_1 An_1 et An ne soient pas exclus.

Les pyroxènes transformés partiellement ou totalement en micropegmatites de magnétite ou de feldspaths, sont fréquents dans ce type, mais cette transformation n'atteint qu'un nombre restreint de cristaux, elle n'est nullement générale.

Les norites à olivine sont d'habitude pauvres en pyroxène et notamment en hypersthène ; l'olivine par contre y est toujours prédominante et de grande taille. Elle formait sans doute à l'origine des associations pœcilitiques avec les pyroxènes, ceux-ci sont presque toujours fortement ouralitisés, l'amphibole est à peine polychroïque. La magnétite exclusivement sidéronitique est toujours très abondante. Ces roches sont surtout caractérisées par le *grand développement des spinelles qu'on trouve en grains et en superbes associations micropegmatoïdes avec le pyroxène ou l'amphibole.* Les feldspaths sont ici toujours très basiques et appartiennent au groupe des Labrador-Bytownites ou de l'anorthite. L'élément noir réuni en grandes plages à individus multiples soudés par la magnétite sidéronitique, est disséminé parmi l'élément feldspathique.

Il existe également des norites sans olivine, qui sont caractérisées par le grand développement de la horblende d'ouralitisation qui y remplace en partie le pyroxène monoclinique, tandis que le mica rouge fait défaut. Les roches sont à la vérité très pauvres en hypersthène, elles représentent sans doute une forme de passages des norites aux ouralo-gabbros du Cérébriansky dont il sera question plus loin.

§ 4. *Monographie des types étudiés.*

N° 1124. Eperon du Cérébriansky, flanc ouest.

Très belle roche, type des norites sans olivine. Au microscope : peu d'apatite en inclusions, magnétite en grains idiomorphes et petites plages sidéronitiques. Mica rouge avec caractères ordinaires, accompagnant généralement la magnétite. Superbe hypersthène en grands cristaux allongés très polychroïques ; parfois inclus dans le pyroxène monoclinique. Ce dernier est prédominant, il présente les caractères habituels. Feldspaths prépondérants.

1° Section Sn_m mâclée selon Ab.

$$\text{Extinction de } \left.\begin{array}{l} 1\ Sn_m = 15^\circ \\ 1' \quad\ = 14^\circ \end{array}\right\} = \text{Labrador } 52\ \%\ \text{An.}$$

2° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = + 28°$
1′ $= - 30°$ } = Labrador $Ab_1 An_1$.

3° Section mâclée selon Ab et K.

Extinction de 1 = 23
2 = 22 } Labrador $Ab_1 An_1$.

4° Section Sn_p mâclée selon Ab et K.

Extinction de 1 $Sn_p = + 28°$
1′ = ?
2 = ? } Labrador Ab An_1
2′ $= + 8°$

N° 1104. Piton rocheux au col entre le Cérébriansky et la pointe Loss.

Type analogue au précédent. Au microscope : magnétite assez abondante ; mica rouge plutôt rare. Hypersthène et pyroxène monocliniques avec caractères ordinaires, ce dernier prédominant. Feldspaths abondants à lamelles hémitropes minces et cunéiformes.

1° Section mâclée selon Ab et P 1 = Sn_p normale optique.

Extinction de 1 Sn_p pour Ab $= + 28°$ pour P $= - 56°$
1′ » $= - 29°$ » $= + 56°$ } Labrador $Ab_1 An_1$

2° Section Sn_g bissectrice aiguë.

Extinction de $n_p = - 23°$ de $p = (001)$ = Labrador 52 % An.
» $= - 20°$ » . . . = Labrador 50 %.

3 Section mâclée selon Ab et K.

Extinction de 11′ = 64 1 = 32
22′ = 26 2 = 13 } = Labrador $Ab_3 An_1$

N° 1098. Cirque des sources de la rivière Kanjakowskaia.

Norite sans olivine. Au microscope : mica plutôt rare; magnétite assez abondante, fréquemment sidéronitique. Bel hypersthène quantitativement très inférieur au pyroxène monoclinique; les pyroxènes sont agrégés en plages disséminées parmi les éléments feldspathiques.

Feldspaths en partie écrasés et réduits à l'état de brèche.

1° Section Sn_g bissectrice aiguë avec contours p^1 a $\frac{1}{2}$.

Extinction de $n_p = -11°$. Andesine à 41 % d'An.

2° Section Sn_g bissectrice aiguë.

Extinction de $n_p = -10°$. Andesine à 41 % d'An.

N° 1074 *bis*. Sur le chaînon latéral B.

Roche très fraîche, typique pour les norites sans olivine. Au microscope : Un peu d'apatite, beaucoup de magnétite en grains quasi-octaèdriques. Mica rouge abondant, toujours lié au fer oxydulé. Hypersthène ordinaire réduit par rapport au diopside; ce dernier forme de jolies micropegmatites avec la magnétite ou les feldspaths. Plagioclases remarquablement beaux et frais.

1° Sections maclées selon Ab et K.

Extinction de $11' = 56°$ $1 = 28°$ } Labrador $Ab_1 An_1$.
$22' = 34°$ $2 = 17°$ }
$11' = 0$ $1 = 0$ } Labrador $Ab_3 An_1$.
$22' = 20°$ $2 = 10°$ }
$11' = 55°$ $1 = 27\frac{1}{2}$ } Labrador $Ab_1 An_1$.
$22' = 28°$ $2 = 14°$ }

2° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 28°$ } Labrador $Ab_1 An_1$.
$1' = 30°$ }

N° 1084 *bis*. Sur le chaînon latéral C.

Roche très semblable au numéro précédent. Les micropegmatites de pyroxène et de magnétite y sont abondantes et remarquablement belles, elles affectent la totalité d'un cristal de pyroxène, ou sont développées localement à l'intérieur d'un même cristal. Ces micropegmatites se rencontrent dans l'hypersthène comme dans le pyroxène monoclinique, elles sont souvent entourées de mica rouge. Les associations micropegmatoïdes avec les feldspaths se rencontrent aussi, mais sont plus rares.

Plagioclases abondants.

1° Sections Sn_g bissectrice aiguë.

Extinction de $n_p = -11°$. = Andesine à 45 % d'An.
$n_p = -32°$. = Labrador-Bytownite à 60 % d'An.

2° Sections mâclées selon Ab et K.

Extinction de 11′ = 56° 1 = 28° } Labrador $Ab_1 An_1$.
22′ = 28° 2 = 14° }
11 58 1 = 29° } Labrador $Ab_1 An_1$.
22 32 2 16° }
11′ = 48° 1 = 24 } Labrador $Ab_1 An_1$.
22′ = 35° 2 = 17½° }

N° 1136. Base de l'éperon qui se détache du flanc ouest de la chaîne de Cérébriansky sous le col situé entre la pointe Loss et le Cérébriansky.

Roche plutôt leucocrate. Au microscope : magnétite assez abondante, se rencontrant exclusivement en plages sidéronitiques qui relient entr'eux plusieurs cristaux de pyroxène. Apatite plus rare, mica rouge assez réduit. Hypersthène particulièrement abondant en beaux cristaux très allongés, d'un polychroïsme assez fort. Pyroxène monoclinique moins répandu. Plagioclases abondants.

1° Section mâclée selon Ab et K.

Extinction de 1 Sn_p = 30° } Labrador à 52 % An.
2 — 7 }

2° Section $g^1 = (010)$.

Extinction de n_p = — 17° = Labrador $Ab_1 An_1$.

3° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = + 29° } Labrador $Ab_1 An_1$.
1′ = — 32 }

N° 1099. Bloc dans l'alluvion de Kanjakowskaïa (diagnose de Mme Pétroff).

Roche altérée, mais d'un type absolument identique aux précédents. Au microscope : magnétite en plages sidéronitiques. Hypersthène plutôt rare ; pyroxène monoclinique assez abondant. Feldspaths complètement décomposés, remplacés par une masse kaolinique très homogène.

N° 1074 *ter*. Sur le chaînon latéral B.

Norite d'un type un peu différent. Au microscope : magnétite abondante en petites plages sidéronitiques entre les pyroxènes, plages qui renferment çà et là un grain de spinelle vert. Le mica rouge est remplacé par une hornblende brune et peu

[1] 1 est voisin d'une bissectrice aiguë

polychroïque, qui enveloppe toujours la magnétite, et qui semble jouer ici le même rôle que le mica dans les norites ordinaires.

Hypersthène rare et en petites sections; pyroxène monoclinique abondant avec caractères ordinaires. Feldspaths très frais.

1° Nombreuses sections mâclées selon Ab, perpendiculaires à $g^1 = (010)$.

Les valeurs relevées oscillent entre 30° et 43°, ce dernier est maximum, la section donnant l'image d'une bissectrice très oblique. = Labrador $Ab_3 An_1$.

2° Section mâclée selon Ab, perpendiculaire à un axe optique.

Trace du plan des axes sur 1 SB = 63° } Labrador $Ab_1 An_1$.
Extinction de 1′ = 25° }

3° Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

1 $Sn_p = \pm 30°$ pour une mâcle $\pm 36°$ pour l'autre = Anorthite.

N° 1113. Un peu à l'est du dernier sommet du chaînon C, sur la crête.

Norite très pauvre en hypersthène, analogue à la précédente. Au microscope : passablement de magnétite avec grains de spinelle en petites plages sidéronitiques entre les pyroxènes et aussi en inclusions dans ces derniers. Très peu d'hypersthène en petites sections légèrement polychroïques. Diopside abondant et incolore paraissant localement ouralitisé en une amphibole vert très pâle et faiblement polychroïque. Feldspaths abondants.

1° Nombreuses sections mâclées selon Ab, perpendiculaires à $g^1 = (010)$.

Les valeurs des angles d'extinction oscillent entre 32′ à 37°, ce dernier chiffre voisin du maximum.

Labrador à 50° d'An.

2° Sections mâclées selon la péricline 1 = Sn_p.

Extinction de 1 $Sn_p = -36°$ } = Anorthite.
1′ $= +22°$ }

3° Section perpendiculaire à A.

Trace du plan des axes sur SA $= \pm 23$ } = Anorthite.
Extinction de 1′ $= \pm 50°$ }

4° Section perpendiculaire à B.

Trace du plan des axes sur SB $= \pm 60°$ } Labrador $Ab_3 An_1$.
Extinction de 1′ $= \pm 22°$ }

N° 1116. Dernier sommet du chaînon C.

Norite à olivine. Au microscope : Spinelle vert extraordinairement abondant, en gros grains toujours cantonnés à proximité immédiate de la magnétite qui se trouve en plages sidéronitiques. Hypersthène rare, en petites sections à polychroïsme faible se faisant dans les teintes ordinaires. Pyroxène monoclinique à caractères habituels, en partie épigénisé en une hornblende excessivement pâle, à peine polychroïque. Olivine craquelée abondante, les fissures sont remplies par de la magnétite. La roche renferme de nombreuses plages de micropegmatite de spinelle vert avec hornblende pâle. Les feldspaths sont kaolinisés et remplacés par une masse argileuse continue reliant entr'eux les éléments ferro-magnésiens.

N° 1112. Chaînon C. A quelque cent mètres du N° 1113, plus à l'est, toujours sur la crête.

Norite à olivine. Au microscope : magnétite abondante, en plages sidéronitiques reliant entr'eux les minéraux ferro-magnésiens qui forment des agrégats au milieu des éléments feldspathiques. Quelques grains de spinelle dans la magnétite. L'olivine est très répandue, elle formait sans doute à l'origine des plages pœcilitiques avec le pyroxène presqu'entièrement ouralitisé ici. La roche ne paraît plus renfermer de pyroxène monoclinique, on trouve seulement çà et là quelques sections d'hypersthène à polychroïsme à peine perceptible.

Hornblende abondante moulant les plages d'olivine et les circonscrivant complètement; les cristaux de cet élément sont eux-mêmes reliés par de la magnétite sidéronitique. La hornblende est vert-brunâtre, assez peu polychroïque.

Feldspaths abondants et frais.

1° Section perpendiculaire à l'axe B.

Trace du plan des axes sur SB $= \pm 70°$ env.
Extinction de 1′ $= 21°$ } Anorthite.

2° Section Sn_g, mâclée selon la péricline.

Extinction de 1 $Sn_g = 27°$
1′ $= 21$ } = Anorthite.

N° 1082. Flanc ouest de la pointe Loss, au-dessus du col qui la sépare du Kanjakowsky.

Norite ordinaire. Au microscope : magnétite assez abondante, en petites plages sidéronitiques. Mica rouge assez rare, toujours à proximité de la magnétite.

Hypersthène abondant, en cristaux de plus petite taille que le diopside; il est sillonné de fissures envahies par un minéral serpentineux. Pyroxène monoclinique prédominant, puis hornblende verte rare, toujours voisine de la magnétite. Feldspaths prépondérants.

1° Section mâclée selon Ab et P perpendiculaire à n_p.

Extinction de 1 Sn_p pour P $= -61°$ 1 pour Ab $= +25°$ } Labrador voisin
1′ » $= +60°$ 1′ » $= -25°$ } de Ab_1 An_1.

2° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_p = 18$ } Andesine à 41 % An.
1′ $= 24°$ }

§ 5. *Composition chimique des norites et formule magmatique.*

Les analyses suivantes comportent exclusivement des norites franches sans olivine :

Analyse des norites.

	N° 1104	N° 1124
SiO_2	50,24	50,47
TiO_2	—	0,12
Al_2O_3	19,48	18,98
Fe_2O_3	5,45	4,22
FeO	5,02	6,16
MnO	traces	0,12
CaO	11,02	11,72
MgO	4,84	5,62
K_2O	0,77	0,56
Na_2O	3,33	2,75
Perte au feu	0,55	1,06
	100,70	101,78

N° 1104 = Piton rocheux entre le Cérébriansky et la pointe Loss sur l'arête. Norite à hypersthène.

N° 1124 = Eperon du Cérébriansky, flanc ouest. Norite à hypersthène

Ces deux analyses faites sur deux roches récoltées en des points assez distants, montrent une concordance relativement grande, ce qui établit leur remarquable unité. La formule magmatique se déduit des opérations suivantes :

	Moyenne calculée sur 100 parties.	Quotients.		
SiO_2 =	50,14	0,835	= 0,836	
TiO_2 =	0,11	0,001		
Al_2O_3 =	19,13	0,187	R_2O_3 = 0,217	
Fe_2O_3 =	4,81	0,030		
FeO =	5,52	0,076	RO = 0,409	$R_2O + RO = 0,465$
MnO =	0,12	0,002		
CaO =	11,27	0,201		
MgO =	5,21	0,130		
K_2O =	0,66	0,007	R_2O = 0,056	
Na_2O =	3,03	0,049		
	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,49$.

Rapport R_2O : RO = 1 : 7,1.

Formule magmatique = 3,8 SiO_2 : R_2O_3 : 2,1 RO.

§ 6. *Considérations générales relatives aux norites.*

Comme on a pu le voir par l'étude qui précède, les norites ne sont nullement un faciès particulier des gabbros mésocrates auxquels passe latéralement la tilaïte ; sans doute l'hypersthène est comme nous l'avons démontré, un minéral assez fréquent dans les différentes roches du Tilaï, mais sa présence dans les norites où il est notablement plus abondant qu'ailleurs, entraine comme conséquence un caractère chimique spécial à celles-ci. On pourra s'en convaincre en comparant ci-dessous l'analyse de la norite avec celle du gabbro feldspathique qui lui ressemble macroscopiquement beaucoup.

	Norite (moyenne).	Gabbro feldspathique.
$SiO_2 + TiO_2$ =	50,47	40,30
Al_2O_3 =	19,23	17,14
Fe_2O_3 =	4,83	8,53
FeO =	5,54	6,90
MnO =	0,12	0,65
CaO =	11,32	16,40
MgO =	5,23	7,92
K_2O =	0,66	0,66
Na_2O =	3,04	1,49
Perte au feu =	0,80	0,46
	101,24	100,45

La norite est beaucoup plus acide que le gabbro, plus riche en alcalis, plus alumineuse et également plus pauvre en chaux et en magnésie. Ces faits concordent avec son caractère mésocrate et avec l'acidité relative des feldspaths constitutifs.

La formule magmatique assignée par M. Lœwinson-Lessing aux norites, est la suivante :

Coefficient d'acidité $\alpha = 1{,}71$.

Rapport R_2O : RO $= 1 : 8{,}2$.

Formule magmatique $= 4{,}3\ SiO_2 : R_2O_3 : 2{,}1$ RO.

Cette formule est une moyenne déduite de cinq analyses de norites provenant de localités diverses. Elle se rapproche comme on le voit, sensiblement de celle qui représente la norite de Tilaï ; le coefficient d'acidité de celle-ci est toutefois légèrement inférieur.

Si l'on tient compte du fait que les analyses qui ont servi de base aux calculs de M. Lœwinson-Lessing, indiquent une proportion de silice qui oscille entre 56 et 64 %, ce fait n'a rien d'anormal ; en tous cas, la norite à hypersthène de Tilaï nous paraît correspondre par sa composition chimique comme aussi par les relations mutuelles de ses minéraux constitutifs, à un prototype de norites à hyperstène riches en pyroxène monoclinique. Nous avons, à titre de comparaison, passé en revue toutes les analyses des différentes norites publiées à ce jour et dont on trouvera le relevé dans l'ouvrage si utile de M. H. Washington ; c'est incontestablement, comme on pourra le voir ci-dessous, la norite d'Ivréa qui se rapproche le plus de celle de Tilaï dont les caractères chimiques les plus saillants sont en effet : l'acidité, la proportion élevée d'oxyde ferrique qui traduit extérieurement la richesse en magnétite, la pauvreté relative des alcalis, et enfin la très forte prédominance de la chaux sur la magnésie.

		Norite d'Ivréa.	Norite de Tilaï (moyenne).
SiO_2	=	49,95	50,36
TiO_2	=	0,69	0,11
Al_2O_3	=	19,17	19,23
Fe_2O_3	=	4,72	4,83
FeO	=	6,71	5,54
MnO	=	—	0,12
CaO	=	9,61	11,32
MgO	=	5,03	5,23
Na_2O	=	3,13	3,04
K_2O	=	0,74	0,66
Perte au feu	=	0,09	0,80
		99,84	101,24

Fig. 13. — Contact des dunites massives avec les pyroxénites dans les parois du ravin des sources de Poloudniewaia. Les dunites forment les parties plus claires

Fig. 14. — Gros îlon de pegmatite à hornblende dans les pyroxénites. Rive droite de Poloudniéwaia, sur les pentes, à 2 kilomètres environ en aval des sources. Les personnages qui figurent sur la photographie sont placés sur les deux salbandes

CHAPITRE VI

Descriptions des Roches de Tilaï.

La dunite massive. Les gabbros ouralitisés du Cérébriansky[1].

§ 1. La dunite massive, description pétrographique et composition chimique. — § 2. Les gabbros ouralitisés, minéraux constitutifs et structure. — § 3. Monographie de quelques types étudiés. — § 4. Composition chimique et formule magmatique des gabbros ouralitisés. — § 5. Considérations générales relatives aux gabbros et au phénomène de l'ouralitisation.

§ 1. *La dunite massive, description pétrographique et composition chimique.*

A l'endroit même où la chaine de Tilaï se bifurque, il existe, comme nous l'avons vu, un affleurement assez important de dunite massive, enclavé dans les pyroxénites et raviné par les sources de Poloudniéwaïa. Cette dunite est macroscopiquement en tout point identique à celle du Koswinsky ; elle est finement grenue, de couleur verdâtre généralement claire, toujours très compacte et homogène.

Au microscope cette roche se montre exclusivement composée de fer chromé et d'olivine ; les pyroxènes et la hornblende, même en traces, y font complètement défaut.

FER CHROMÉ

Il se présente en jolis petits octaèdres, disséminés parmi les grains d'olivine, ou au contraire accumulés régionalement. Ils sont rarement inclus dans le péridot, et se trouvent côte à côte avec lui. Les octaèdres sont généralement plus petits que les grains d'olivine, ils peuvent cependant atteindre et dépasser la dimension de ces derniers.

A côté des octaèdres de fer chromé, il existe, comme nous l'avons dit antérieurement, des ségrégations et nids de ce même minéral dans la dunite. Ces ségré-

[1] L'étude pétrographique de la dunite de Poloudniéwaia et des gabbros du Cérébriansky a fait l'objet de la thèse de Mlle Pétroff (voir bibliographie) ; nous en avons extrait une partie des matériaux qui entrent dans la composition de ce chapitre.

gations sont formées par une masse grenue constituant un véritable minerai de fer chromé, dans lequel on voit en coupe mince quelques rares grains d'olivine complètement emprisonnés.

L'analyse de ce minerai a donné les résultats suivants :

Analyse de la chromite compacte de Poloudniévaïa :

SiO_2	=	1,83 %
Al_2O_3	=	8,57
[1] Fe_2O_3	=	47,35
Cr_2O_3	=	35,88
CaO	=	
MgO	=	10,04
		103,67

Cette analyse montre que le fer chromé compact de Poloudniéwaïa n'est pas de la chromite pure répondant à la formule Cr_2O_3FeO, mais au contraire un mélange de différents termes de la série isomorphe $R_2O_3 + RO$ où $R_2 = Fe_2$, Al_2, Cr_2, et R = Fe, Mg, avec un peu d'olivine.

D'après l'analyse, ce mélange se ferait probablement dans les proportions suivantes :

SiO_4Mg_2	=	4,27 %
Al_2O_3MgO		11,93 %
Cr_2O_3MgO	=	20,35
Cr_2O_3FeO	=	29,13
Fe_2O_3FeO	=	35,71
		101,39

OLIVINE

Elle se rencontre exclusivement en grains arrondis et craquelés, toujours idiomorphes et d'assez petite dimension (en moyenne 0,5 mm.). Cette olivine est incolore, parfois mâclée. Ses propriétés optiques sont les suivantes :

$$n_g - n_p = 0{,}035 \qquad n_g - n_m = 0{,}018 \qquad n_m - n_p = 0{,}017$$

[1] Le fer ferreux n'a pas été séparé, ce qui est la cause du gros excédent de la somme des pourcentages des éléments dosés.

L'angle des axes est de 86° environ, le signe optique est positif, la dispersion $\rho < v$.

STRUCTURE

La structure est panidiomorphe grenue, les grains sont d'habitude isométriques, on trouve cependant ça et là, une olivine de plus grande taille que les autres.

PHÉNOMÈNES SECONDAIRES

L'olivine est fréquemment serpentinisée, mais toujours faiblement et seulement selon les craquelures. Celles-ci sont alors remplies par de minces rubans d'une antigorite brun pâle, qui présente toutes les propriétés optiques de celle décrite à propos de la dunite du Koswinsky. Les variétés de dunite complètement serpentinisées, avec noyaux d'olivine isolés dans l'antigorite, n'ont pas été rencontrées dans le ravin du Kroutoï-Log.

Composition chimique.

Analyse du n° 1127.			Ramenée à 100 parties[1].	Quotients.	
SiO_2	=	37,91	39,07	0,651	
Fe_2O_3	=	0,95	—	—	
Cr_2O_3	=	1,18	1,22	0,008	
FeO	=	9,21	10,37 [1]	0,144	
MgO	=	47,87	49,34	1,233	= 1,377 RO
Perte au feu	=	3,95	—	—	
		101,07	100,00		

Coefficient d'acidité $\alpha = 0{,}92$.

Formule magmatique = 81 SiO_2 : R_2O_3 : 172 RO.

L'analyse ci-dessus montre que les proportions relatives des deux minéraux constitutifs sont les suivantes :

Chromite	=	1,80 %
Olivine	=	98,20 %

En défalquant la chromite de l'analyse de la dunite et en ramenant à 100 parties, on trouve alors la composition de l'olivine, qui est donnée ci-dessous :

[1] Le Fe_2O_3 a été calculé comme FeO et la perte au feu a été défalquée.

Composition de l'olivine.

SiO_2	=	39,78
MgO	=	50,25
FeO	=	9,97
		100,00

Cette composition correspond sensiblement à la formule $Fe_2SiO_4 + 8Mg_2SiO_4$ que nous avons antérieurement déjà trouvée pour l'olivine de la dunite du Koswinsky, la différence entre les valeurs calculées d'après cette formule et celles observées est cependant ici plus forte.

	Valeurs calculées.		Différence.
SiO_2	= 40,79	—	1,01
FeO	= 10,87	—	0,90
MgO	= 48,34	+	1,91

De toute façon, il ressort de ces analyses que la dunite massive est une roche qui présente une grande unité dans sa composition chimique globale, comme dans celle de ses minéraux constitutifs considérés individuellement.

§ 2. *Les gabbros ouralitisés, minéraux constitutifs et structure.*

Ces belles roches que l'on pourrait prendre sur le terrain pour des diorites caractéristiques, sont d'une grande uniformité pétrographique. En principe elles sont toujours mélanocrates, à grain plutôt grossier. Cependant, on rencontre certaines variétés leucocrates qui proviennent alors de « schlieren », phénomène qui paraît se rencontrer assez fréquemment. Au microscope les minéraux constitutifs des gabbros ouralitisés, sont : apatite magnétite, pyroxène monoclinique, hornblende et plagioclases. Dans les variétés du Cérébriansky il n'y a jamais d'olivine; cependant dans les gabbros ouralitisés tout à fait identiques trouvés sur les chaînons latéraux B et C, l'olivine peut se rencontrer en assez grande quantité.

APATITE

Ce minéral n'est jamais très abondant et généralement de petite taille. Il se rencontre en cristaux faiblement allongés selon la zone prismatique, qui ne paraissent pas terminés; souvent l'apatite se trouve simplement en grains arrondis. Quelquefois cependant on observe de jolies sections hexagonales. La dimension de l'apatite n'excède pas 0,18^{mm}. Les cristaux sont uniaxes négatifs, les propriétés optiques sont ordinaires. L'apatite est libre parmi les autres minéraux, ou enfermée dans les éléments noirs.

Fig. 15. — Vue générale du Soukhoi depuis le sommet du Tscherdynsky-Kamen.

Fig. 16. — Disposition des couches de conglomérats au sommet du Soukhoi.

MAGNÉTITE ET SPINELLE

Elle est relativement assez fréquente, et se rencontre soit en grains idiomorphes à tendance octaèdrique, ce qui est plutôt l'exception, soit en plages sidéronitiques moulant et reliant les éléments ferro-magnésiens. Ces plages ne forment pas un ciment continu comme dans la koswite, mais au contraire un ciment régional. Les grandes plages sidéronitiques renferment presque toujours un ou deux grains de spinelle vert qui possède les caractères ordinaires déjà décrits.

PYROXÈNE

Le pyroxène qui se présente généralement en grains informes, idiomorphes, est presque toujours inférieur à la hornblende au point de vue quantitatif; toutefois dans certains cas exceptionnels, il peut presque former à lui seul l'élément ferro-magnésien. Les clivages $m = (110)$ sont nets: les clivages h^1 sont généralement rares. Les mâcles selon $h^1 = (100)$ paraissent assez fréquentes; elles sont simples ou répétées, dans ce dernier cas les lamelles sont larges et le nombre des individus peu considérable. En lumière naturelle il est incolore ou très légèrement verdâtre, mais jamais polychroïque. Les propriétés optiques du pyroxène sont résumées par le tableau suivant :

Tableau des propriétés optiques du pyroxène.

Numéros.	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction.	Remarques.
1090	0,027	0,020	—	—	—
1090 *bis.*	0,0248	0,023	—	—	—
1085	0,0251	0,0196	0,004	39°	Bons clivages.
1105	0,0255	0,021	—	42°	id.
	0,0216	0,017	—	44°	id.
1105 *bis.*	0,0247	0,0196	0,005	38°	id
1121	—	0,020	0,0047	—	—
1023	—	0,021	—	—	—
1095	0,025	—	0,006 ?	38 $\frac{1}{2}$	id.
1102	0,026	—	—	42°	—
1077	0,025	—	—	39°	—
	0,025	0,021	—	—	—
	0,025	0,022	—	39°	—
	0,0257	—	0,004	—	—
1134	0,026	0,022	—	39°	—
	0,026	0,022	—	—	—
1134 *bis.*	—	0,022	—	—	—
	—	0,022	—	—	—

Nous avons pu extraire de l'une de ces roches une région où le pyroxène était presque pur, et avons déterminé directement sur celui-ci les indices suivants :

Tableau des indices du pyroxène.

Numéros de la coupe.	Orientation de la section.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1105	Sn_p	1,7184	1,6992	1,6925) 1,6930)	0,0257	0,0192	0,0065

Ce pyroxène a été analysé par M. Hornung après purifications réitérées par les liqueurs lourdes. La méthode employée est celle que nous avons décrite antérieurement à propos de la sorétite. La composition chimique est la suivante :

		Analyse du pyroxène du n° 1105. I.	II.	Analyse du n° 1117.	Moyenne générale.
SiO_2	=	50,92	50,90	50,88	50,90
Al_2O_3	=	2,55	2,74	2,57	2,62
FeO	=	10,11	10,03	10,06	10,07
CaO	=	23,40	23,26	23,32	23,32
MgO	=	13,27	13,34	13,30	13,30
MnO	=	0,30	0,41	0,35	0,35
Total	=	100,55	100,68	100,48	100,56

Le type est, comme on le voit, légèrement alumineux, et ne correspond pas au diopside ordinaire (ce que l'on pouvait attendre d'après les propriétés optiques qui ont été constatées), il correspond au contraire à un diallage typique.

HORNBLENDE

La hornblende est fréquemment allotriomorphe par rapport au pyroxène. Elle se présente en grands cristaux isolés parmi les feldspaths et agrégés en plages. Les cristaux sont légèrement allongés suivant la zone prismatique toujours positive, ils ne présentent jamais de formes cristallographiques reconnaissables, et sont rarement mâclés selon $h^1 = (100)$. Les propriétés optiques de la hornblende sont les suivantes :

Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1 = (010)$, la bissectrice aiguë est

toujours négative; l'extinction sur $g^1 = (010)$ se fait sous des angles qui oscillent entre 15° et 18°.

Le polychroïsme très intense est comme suit :

n_g = vert foncé n_m = verdâtre n_p brun-jaunâtre plus pâle.

Le tableau suivant donne la valeur des biréfringences de la hornblende mesurées au compensateur.

Numéros.	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction	Remarques
1090	0,0215	—	—	—	—
1090 *bis.*	0,0216	—	0,0134	16°	—
1088	0,0218	—	—	15°	
1088 *bis.*	0,0222	—	—	14½°	—
1085	0,0209	—	—	—	—
1117	0,0203	—	—	18°	—
1117 *bis.*	0,022	—	—	16°	-
1083	0,022	0,0092	—	—	—
	0,022	—	—	16°	—
1085	—	—	0,0133	—	—
1093	0,024	—	—	—	
	0,024	—	0,0134	17	
1104	0,0211	—	—	17°	—
	0,0213	—	—	—	—
1077	—	0,0084	—	18°	—
1134	0,020	—	—	16°	-

Les indices de la hornblende ont été également mesurés directement, de même que l'angle des axes optiques. Les valeurs trouvées sont les suivantes :

Tableau des indices de la hornblende.

Numéro de la coupe.	Orientation des sections.	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1120	Sn_p	1,6854	1,6758	1,6648	0,0211	0,0096	0,0115
				1,6639			
1107	Sn_m	1,6827	1,6743	1,6614	0,0213	0,0086	0,0127
			1,6740				

L'analyse de la hornblende, faite sur un échantillon isolé de la roche N° 1105 et parfaitement purifié, a donné :

Analyse du n° 1117.

	I.	II.
SiO_2	43,34	43,30
Al_2O_3	12,60	
Fe_2O	10,44	31,40
FeO	7,92	
MnO	traces	id.
CaO	13,06	12,91
MgO	12,60	12,52
Na_2O	1,90	
K_2O	0,02	—
	101,88	

FELDSPATHS

Les feldspaths sont généralement très frais dans ces différentes roches; ils sont mâclés selon l'albite et surtout la péricline, puis aussi selon karlsbad. Les propriétés optiques, déterminées sur de très nombreuses sections, rattachent les variétés aux termes compris entre $Ab_3\ An_1$ et $Ab_1\ An_1$. L'anortite est assez fréquente, les termes plus acides que $Ab_1\ An_1$ sont plus rare, mais se rencontrent cependant. La basicité ne paraît pas liée au caractère leucocrate ou mélanocrate.

Gabbro ouralitisé. Coupe n° 1090. Lumière naturelle, les feldspaths en lumière polarisée. Grossissement = 22 diam. P = pyroxène. A = amphibole. M = magnétite. F = feldspath.

STRUCTURE

La structure des gabbros ouralitisés du Cérébriansky est assez uniforme. D'habitude les cristaux isolés de pyroxène et d'amphibole ne se mêlent point régulièrement à ceux des feldspaths comme c'est généralement le cas chez les diorites ordinaires; ils se réunissent par plages formées par plusieurs individus diversement orientés qui se touchent directement, ou sont localement soudés par de la magnétite sidéronitique. Ces plages sont alors disséminées parmi les grains idiomorphes

de feldspaths. Dans certains faciès mélanocrates, la structure est un peu différente et rappelle alors plus ou moins celle appelée ophitique. La hornblende, ainsi que le pyroxène qui l'accompagne, forment un véritable ciment qui moule et emprisonne en l'isolant le feldspath qui se trouve à l'état de grains idiomorphes, aux formes généralement arrondies.

La hornblende est incontestablement un produit d'ouralitisation du pyroxène. Cette ouralitisation se fait généralement par la périphérie des cristaux de diallage qui sont alors réduits à l'état de noyaux complètement enclavés dans la hornblende qui peut souvent de la sorte les faire disparaître entièrement.

En général, un cristal de pyroxène donne naissance à un seul et même cristal de hornblende, ou tout au plus à deux ou trois cristaux généralement de grande taille, et orientés alors optiquement d'une manière différente. On trouve parfois dans un même cristal de hornblende, plusieurs noyaux de pyroxène ayant la même orientation optique, et ayant évidemment appartenu au même individu.

La disposition que nous avons décrite à propos des roches du Katéchersky, qui consiste dans le fait qu'un même cristal de pyroxène donne, par ouralitisation, naissance à une association grenue d'amphibole formée par la réunion de nombreux petits grains à orientations multiples, n'a jamais été rencontrée dans les roches du Cérébriansky.

Le pyroxène et l'amphibole sont si frais, qu'on pourrait douter que la seconde provienne du premier. Cependant on trouve certains diallages sur lesquels l'ouralitisation se fait par taches ou suivant les clivages, ce qui montre clairement la genèse de la hornblende. Il convient de remarquer que dans la même coupe, tandis que certains pyroxènes sont presque complètement ouralitisés et enclavés dans la hornblende, d'autres sont isolés parmi les feldspaths et absolument indemnes. De toute façon la hornblende provenant du pyroxène est toujours compacte, jamais fibreuse comme certaines ouralites, et dans les variétés où l'ouralitisation se fait seulement par la périphérie, vu la fraîcheur des minéraux et la netteté de leurs contours, on pourrait de prime abord prendre la hornblende pour primaire; l'examen plus approfondi, non pas d'une seule coupe, mais d'une série complète, montre qu'il n'en est rien et que ce minéral est dans tous les cas le produit exclusif de l'ouralitisation.

Les phénomènes secondaires sont très réduits et consistent d'habitude en une kaolinisation locale des feldspaths qui d'ailleurs est assez rare.

§ 3. *Monographie de quelques types étudiés*[1].

N° 1122. Au nord du Cérébriansky, sur la crête principale.

Sous le microscope : roche mésocrate, largement cristallisée. Magnétite assez abondante en plages sidéronitiques. Pyroxène légèrement verdâtre, plutôt rare, ouralitisé périphériquement ou selon les clivages. Hornblende prédominant sur le pyroxène. Les éléments noirs sont agrégés en plages. Plagioclases très abondantes.

1° Sections mâclées selon P perpendiculaire à n_p.

Extinction de 1 $Sn_p = -34°$ / $1' = +21°$ = Anorthite.

2° Section mâclée selon Ab et P perpendiculaire à l'axe B.

Trace du plan des axes avec 1 par Ab $= -60°$ / $1' = -25°$ Labrador voisin de 55 %.

3° Section Sn_p, mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 $Sn_p = 22°$ / $1' = 25°$ = Andesine à 38 % d'An.

N° 1117. Sommet du Cérébriansky, près de l'ancienne exploitation.

Magnétite ordinaire, peu de pyroxène enveloppé de hornblende. Beaucoup d'amphibole à caractères ordinaires. Feldspaths en quantité égale à l'élément noir.

1° Sections perpendiculaires à l'axe B.

Trace du plan des axes sur 1 SB $= 58$ / Extinction de n_p » $1' = 21°$ Labrador $63°$ / $18°$ Voisin de l'Anorthite.

N° 1107. Partie supérieure de la crête rocheuse du chaînon D, près du Cérébriansky, sur une paroi.

Roche très mélanocrate, formée parties égales à peu près de pyroxène et de hornblende.

Le feldspath est rare, et joue un rôle subordonné à celui de l'élément noir.

1° Section voisine de Sn_g.

Extinction de 1 $Sn_g = 48°$ / $1'$? Anorthite.

[1] Pour la monographie complète voir S. Pétroff. Thèse.

2° Section Sn_p mâclée selon P.

Extinction de 1 Sn_p = 35° } Anorthite.
1′ = 22° }

3° Section Sn_g.

Extinction de 1 Sn_g = 48° = Anorthite.

N° 1083. Sur la partie ouest de la pointe Loss.

Magnétite plutôt rare. Pyroxène très réduit vis-à-vis de la hornblende qui est en proportion presque égale à celle du feldspath. Ce dernier est légèrement altéré.

1° Section Sn_p mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_p = 33° } = Labrador Ab_3 An_1 25° } Andesine à 40° d'An.
» 1′ = 50° } 23° }
» 1 = 32° } = Labrador voisin de 50° d'An.
» 1′ = 30° }

2° Section perpendiculaire à l'axe B.

Trace du plan des axes sur 1 *p* SB = 70° } = Andesine à 34° An.
Extinction sur 1′ = 32° }

N° 1105. Sur le sommet accessoire situé sur la crête, entre la pointe Loss et le Cérébriansky.

Cette roche largement cristallisée et légèrement mélanocrate, est un type peu ouralitisé : La magnétite y est assez abondante. Le pyroxène légèrement verdâtre l'emporte de beaucoup sur la hornblende et forme presque à lui seul l'élément noir. La hornblende se trouve en facules dans le diallage, ou forme à celui-ci une mince enveloppe.

Feldspaths légèrement décomposés.

1° Section perpendiculaire à l'axe A.

Trace du plan sur SA = 20° } = voisin de l'Anorthite.
Extinction de 1′ = 48° }

2° Section Sn_g mâclée selon P.

Extinction de 1 Sn_g = 37° } Anorthite.
» 1′ = 19° }

3° Section Sn_g mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_g = 48° } = Anorthite.
1′ = 4° }

N° 1118. Sommet principal du Cérébriansky.

Au microscope. Magnétite ordinaire. Pyroxène très rare en noyaux emprisonnés dans la hornblende. Amphibole très abondante et très polychroïque.

Feldspaths remarquablement frais.

1° Section Sn_m mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_m = 37\frac{1}{2}°$
1′ $= 36°$ } Labrador-Bytownite.

2° Section Sn_g mâclée selon Ab.

Extinction de 1 $Sn_g = 45°$
1′ $= 2°$ } = Anorthite.

§ 4. *Composition chimique et formule magmatique des gabbros ouralitisés.*

Analyse :

	N° 1122.	N° 1118.	N° 1117.	N° 1105.
SiO_2	45,76	41,26	40,01	43,52
Al_2O_3	23,85	20,09	23,94	17,50
Fe_2O_3	3,80	6,10		5,77
FeO	3,79	7,65	10,60	6,13
MnO	traces	—	—	—
CaO	17,22	14,64	17,56	17,70
MgO	4,06	8,14	8,40	7,48
K_2O	0,15	0,16	—	0,35
Na_2O	2,41	1,68	—	1,28
Perte au feu	0,32	0,89	0,06	0,75
	101,36	100,61		100,48

N° 1122 = Gabbro ouralitisé facies leucocrate.

N° 1118 = » » » mélanocrate.

N° 1117 = » » » très mélanocrate.

N° 1105 = » » mélanocrate, à peine ouralitisé.

Pour calculer la formule magmatique nous avons pris la moyenne des analyses des N°s 1122 et 1118 qui représentent les deux faciès extrêmes tous deux fortement ouralitisés : les résultats obtenus sont les suivants :

	Moyenne brute.	Moyenne ramenée à 100 parties.	Quotients.	
SiO_2 =	43,51	43,34	0,7223	
Al_2O_3 =	21,97	21,89	0,2146	$= 0{,}2151\ R_2O_3$
Fe_2O_3 =	4,95	4,93	0,0308	
FeO =	5,72	5,70	0,0791	
CaO =	15,93	15,87	0,2834	$0{,}5145$
MgO =	6,10	6,08	0,1520	
K_2O =	0,15	0,15	0,0016	$0{,}0345$
Na_2O =	2,04	2,04	0,0329	
Perte au feu =	0,60	—		
	100,97	100,00		

$R_2O + RO = 0{,}5490$

Formule magmatique : SiO_2 2,94 : R_2O_3 : RO 2,24.
Coefficient $\alpha = 1{,}11$.
Rapport R_2O : RO = 1 : 15.

De toutes les roches de Koswinsky et de Tilaï, celle qui offre avec les gabbros ouralitisés la plus grande analogie au point de vue de la formule, est la diorite anorthite filonnienne précédemment décrite[1].

$\alpha = 1{,}04$.
R_2O : RO = 1 : 13,8.
Formule magmatique 3,14 SiO_2 : R_2O_3 : 2,98 RO.

En comparant l'analyse des types ouralitisés avec ceux qui ne le sont pas ou qui le sont à peine, on constate que pour des variétés également riches en élément noir comme les n°s 1118 et 1105, il y a cependant une différence appréciable dans certains détails de la composition chimique. Les variétés non ouralitisées sont plus riches en chaux et plus pauvres en alumine et en alcalis.

La formule magmatique calculée par l'analyse du n° 1105 est la suivante :

[1] L. Duparc et F. Pearce. *Recherches géologiques.* Première partie, p. 172.

Moyenne rapportée à 100 parties.			Quotients.	
SiO_2	= 43,63	0,7271		
Al_2O_3	= 17,55	0,1732	0,2094 R_2O_3	
Fe_2O_3	= 5,79	0,0362		
FeO	= 6,15	0,0854	0,5899 RO	0,6139 RO + R_2O.
CaO	= 17,75	0,3170		
MgO	= 7,50	0,1875		
K_2O	= 0,35	0,0033	0,0240 R_2O	
Na_2O	= 1,28	0,0207		
	100,00			

Coefficient d'acidité = 1,35.
Formule 3,47 SiO_2 : R_2O_3 : 2,93 RO.
Rapport R_2O : RO = 1 : 24.

§ 5. *Considérations générales relatives aux gabbros ouralitisés et au phénomène de l'ouralitisation*[1].

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons vu que la hornblende, si abondante dans les roches du Cérébriansky, n'est nullement primaire, et provient incontestablement de l'épigénie partielle ou totale du pyroxène. Ce phénomène est-il commun à toutes les roches de Tilaï et faut-il considérer les gabbros ouralitisés comme un facies particulier de telle ou telle variété de celles-ci, ou bien au contraire, doit-on voir dans la roche du Cérébriansky un type original, défini par des caractères qui lui sont propres et qui sont surtout constants. Cette question est importante à résoudre, car si cette dernière alternative se trouvait réalisée, il est évident que le phénomène d'ouralitisation, dans les conditions où il se présente chez les épigabbros du Cérébriansky, ne serait pas dû à une transformation accidentelle, mais proviendrait au contraire d'une cause primordiale qu'il s'agit de rechercher.

Tout d'abord il est clair que les épigabbros n'ont rien de commun avec la tilaïte. Indépendamment des minéraux constitutifs, qui sont en partie autres, et de la structure qui diffère, il y a dans les deux roches une grande dissemblance dans la composition chimique. En effet, pour une teneur en silice qui est à peu près

[1] L. Duparc et Th. Hornung. *Sur une nouvelle théorie de l'Ouralitisation*. Comptes rendus. Juillet 1904.

la même, soit de 45 % en chiffre rond, la tilaïte renferme deux fois moins d'alumine que les épigabbros ; tandis que dans la première la magnésie égale et dépasse même en quantité la chaux, dans les seconds, pour une proportion de CaO égale ou de 2 % supérieure à celle de la tilaïte, la magnésie se trouve en quantité presque trois fois plus faible. Ce qui vient d'être dit pour la tilaïte s'applique à fortiori aux pyroxénites et à la koswite.

Les norites présentent, il est vrai, une grande analogie dans leur structure avec les épigabbros du Cérébriansky ; cependant non seulement les minéraux constitutifs y sont en partie différents, mais encore les divergences que présente leur composition chimique avec celle des roches précitées est sensible. Les norites sont plus acides (50 % de SiO_2) que les épigabbros, et malgré cela la proportion d'alumine y est plus faible (19 % au lieu de 21,89). La chaux y est de 6 % environ inférieure à la quantité du même élément dans les épigabbros (11 % au lieu de 15,87) et le rapport de la chaux à la magnésie n'est que de 2 à 1 au lieu de 3 à 1.

Quant aux gabbros feldspathiques dont nous avons parlé précédemment, l'analogie de leur structure avec celle des épigabbros est manifeste, et abstraction faite de l'amphibole, les minéraux constitutifs y sont identiques, cependant la composition chimique diffère, et cette différence est imputable au premier chef à l'apparition de la hornblende. Les gabbros feldspathiques sont, en effet, pour une teneur en silice de 40 %, sensiblement moins alumineux et plus pauvres en alcalis que les épigabbros.

Sans doute les épigabbros du Cérébriansky restent proches parents des gabbros feldspathiques, mais ils possèdent cependant un caractère chimique spécial qui les distingue de ces derniers. Ce caractère est à nos yeux la conséquence directe du phénomène d'ouralitisation, il n'est donc pas primordial, mais a été acquis au cours de la formation de celle-ci. Toute roche qui s'ouratilise voit sa composition chimique modifiée par ce fait, car il paraît maintenant définitivement établi que la transformation du pyroxène en amphibole ne se fait pas par simple transposition moléculaire comme on l'a souvent prétendu, et qu'elle n'est pas davantage le résultat d'une modification chimique relativement insignifiante. L'ouralitisation du pyroxène entraîne au contraire un changement radical de la composition chimique de la hornblende qui en est le produit final de transformation ; ce fait ressort à l'évidence de la comparaison des analyses des deux minéraux en question ; les précautions prises pour la purification du matériel d'étude, son abondance et l'exactitude apportée dans l'exécution des analyses par M. Hornung, ne laissent aucun doute sur la différence fondamentale de la composition de ces deux minéraux isolés de la même roche.

	Pyroxène poids spécifique = 3,358	Hornblende poids spécifique = 3,213
SiO_2	= 50,91	43,34
Al_2O_3	= 2,64	12,60
Fe_2O_3	= —	10,44
FeO	= 10,07	7,92
CaO	= 23,33	13,06
MgO	= 13,30	12,60
K_2O /	= —	0,02
Na_2O \	= —	1,90
	100,25	101,88

Nous avons d'ailleurs constaté une différence absolument analogue dans la composition du pyroxène et de l'amphibole provenant d'autres roches ouralitisées, notamment de celles du Katéchersky que nous avons précédemment décrites dans le premier volume de cet ouvrage; le phénomène paraît donc très général.

Les modifications essentielles subies par le pyroxène dans sa transformation en hornblende sont les suivantes:

1. Diminution de l'acidité.
2. Augmentation considérable de la proportion d'alumine.
3. Départ d'une partie de la chaux.
4. Oxydation partielle du fer ferreux en fer ferrique.
5. Fixation d'une faible quantité d'alcalis.

Le dimorphisme moléculaire du pyroxène et de l'amphibole étant écarté d'emblée par les résultats de l'analyse, il s'agit maintenant de trouver une explication qui soit satisfaisante pour l'origine de la hornblende.

La très grande fraîcheur des roches du Cérébriansky élimine immédiatement l'idée d'une transformation secondaire due au processus hydrochimique[1]; nulle part en effet on ne rencontre des minéraux de décomposition dans les épigabbros; très rarement le feldspath y est kaolinisé et ceci d'une manière toute locale. D'ailleurs le phénomène d'ouralitisation est toujours fort net et circonscrit, le pyroxène non transformé est aussi frais que la hornblende, et là où il y a ouralitisation interne, l'amphibole a un contour bien délimité et n'est pas entourée d'une zone d'altération périphérique avec variation de la biréfringence, prélude certain d'une décomposition plus complète et prochaine du pyroxène avoisinant.

[1] Dans un certain nombre de cas, l'ouralitisation peut cependant provenir d'actions secondaires mais la roche est alors décomposée, et la hornblende résultante a des caractères totalement différents de celles des épigabbros.

L'ouralitisation ne doit donc pas être attribuée aux phénomènes secondaires, mais bien au contraire à une cause primitive, qui date sans doute de la toute première période de formation des roches de profondeur, qui a agi d'une manière plus ou moins complète selon les cas, et dont l'action a pu être plus ou moins localisée.

Or l'examen d'un grand nombre de coupes de la roche du Cérébriansky montre à l'évidence que l'ouralitisation y est plus ou moins intense et avancée ; certaines variétés n'ont plus que de l'amphibole, dans d'autres le pyroxène est relativement peu altéré, et cependant les échantillons sont souvent récoltés très près les uns des autres. La forme que présente l'ouralitisation paraît d'ailleurs dépendre de la pénétrabilité plus ou moins grande du pyroxène ; partout où il est complètement étanche, l'ouralitisation est seulement périphérique ; partout où au contraire il existe à l'intérieur du cristal un lieu de moindre résistance, ou un accident quelconque dans la structure, l'ouralitisation devient interne et se développe alors par taches bien circonscrites. Tout ceci indique évidemment la présence au moment du développement de l'ouralitisation d'une substance fluide, ayant une composition chimique qui lui permettait d'effectuer une modification profonde du pyroxène, et un état de la roche qui permettait une circulation plus ou moins parfaite du fluide en question.

Dans ces conditions, l'ouralitisation des gabbros du Cérébriansky nous semble pouvoir s'expliquer comme suit : Le magma primordial d'où est issue la roche du Cérébriansky, a d'abord, par suite d'une première cristallisation, donné naissance à du pyroxène et à de l'anorthite. Avant la consolidation complète de la roche, alors que celle-ci était encore pâteuse en quelque sorte et formée de cristaux restés en présence de leur bain générateur, un nouvel apport d'un caractère plus ou moins feldspathique est venu modifier la composition de ce dernier. Tandis que les feldspaths ont continué à cristalliser, le bain ainsi modifié a réagi sur le pyroxène déjà formé, en l'enrichissant en alumine et en le décalcifiant, ce qui a eu évidemment comme contre-coup une diminution de son acidité : puis en y fixant des alcalis.

C'est donc *à une épigénie magmatique et profonde* que nous attribuons le phénomène de l'ouralitisation, et cette épigénie est pour nous le résultat d'un nouvel apport ayant modifié la composition du bain résiduel dans un sens déterminé.

Récemment M. Joukowsky [1] dans sa thèse sur les Aiguilles Rouges, a émis cette idée que peut-être l'ouralitisation du pyroxène des eclogites rencontrées dans cette chaîne, pourrait être le résultat de l'intrusion de filons granulitiques dans

[1] E. Joukowsky. *Sur les éclogites des Aiguilles Rouges.* Thèse, Genève, 1902.

des roches pyroxénitiques; la granulite aurait été l'agent efficient de la transformation, par suite de la nature même de son magma essentiellement feldspathique et acide et de ses minéralisateurs habituels. D'autre part nous avons déjà signalé dans les plagiaplites du Koswinsky, la présence de l'amphibole, mais généralement sur les salbandes des filons seulement, et rarement à l'intérieur de ces derniers. Or le milieu encaissant est ici exclusivement représenté par les pyroxénites, et il est très vraisemblable dans ces conditions que cette amphibole n'est pas primaire, mais résulte d'une assimilation partielle et incomplète des salbandes pyroxéniques avec épigénie subséquente du pyroxène.

Il semble donc que dans ces différents cas, qu'il s'agisse de roches profondes ou de roches filonniennes, le mécanisme de l'ouralitisation reste analogue, et que c'est à la réaction d'un fluide acide et alcalino-alumineux sur le pyroxène déjà formé qu'il semble falloir attribuer le phénomène. Cette action peut se passer en profondeur pendant l'élaboration de la roche abyssale, ou s'effectuer pendant la formation de filons hyperacides par réaction du magma sur un milieu approprié.

CHAPITRE VII

Description des roches de Tilaï.

§ 1. Généralités sur la formation filonnienne. — § 2. Les dunites filonniennes, composition et structure. — § 3. La « garéwaïte », minéraux constitutifs, structure et composition chimique. — § 4. Les berbachites et leurs formes de passage aux microgabbros. (berbachites à olivine). § 5. Les diorites-pegmatites à hornblende, minéraux, structure, composition, et différentes variétés.

§ 1. *Généralités sur la formation filonnienne.*

Les roches filonniennes sont aussi nombreuses et variées au Tilaï qu'au Koswinsky; certaines d'entr'elles, les pegmatites par exemple, traversent indifférem-

ment toutes les roches de profondeur, d'autres au contraire sont exclusivement localisées dans tel ou tel type, parmi ceux que nous avons décrits. Les filons de Tilaï appartiennent tous à des types relativement très basiques, les variétés acides comme les albitites, les granulites à plagioclases, ou encore les plagiaplites, rencontrés dans la dunite massive du Koswinsky ou dans les pyroxénites, font ici complètement défaut ; la dunite de Poloudniéwaïa ne comporte pas d'ailleurs de veines filonniennes[1].

Les filons de ces différentes roches sont souvent directement visibles comme tels ; les dunites notamment, grâce à la croûte d'oxydation dont elles se recouvrent, se distinguent au premier coup-d'œil, et on peut même retrouver la place exacte du filon par la couleur des blocs des éboulis dispersés sur les pentes. Dans d'autres cas cependant, le sol étant complètement recouvert de blocs enchevêtrés, produits d'un démantellement sur place de la roche sous-jacente, il est impossible de distinguer nettement le filon, et c'est seulement par la structure particulière de la roche, et surtout par la différence qu'elle présente avec celle qui forme le milieu environnant sur une certaine étendue, que l'on peut reconnaître son caractère réellement filonnien.

Les dunites sont de toutes les roches filonniennes les plus répandues, leurs innombrables filons se rencontrent indifféremment dans les tilaïtes ou les pyroxénites, voire même dans les gabbros ; les plus beaux filons se trouvent dans le ravin des sources de Garéwaïa et aussi sous la pointe de Palnitschnaïa.

Les berbachites sont assez fréquentes ; elles se trouvent de préférence dans la tilaïte ou dans les pyroxénites. A côté du type classique de Beerbach, il existe des variétés à olivine et à tendance porphyrique, qui passent aux micro-gabbros à olivine du Pharkowsky-Ouwal.

A côté des berbachites et des dunites, on trouve une roche qui paraît rare d'ailleurs, et qui est d'un type nouveau ; nous lui avons donné le nom de « garéwaïte ».

Elle est formée d'une association panidiomorphe grenue d'olivine et d'un feldspath sans doute très basique, mais toujours kaolinisé, avec développement de phénocristaux de pyroxène.

Les pegmatites, enfin, sont très banales, et présentent plusieurs variétés, distinctes principalement par la dimension des éléments constitutifs, comme aussi par les caractères de la hornblende.

[1] Ces filons acides dans la dunite massive, paraissent cependant un phénomène très général. M. L. Duparc, dans une exploration faite en 1903 dans le bassin de la rivière Wagran, en a rencontré de nouveaux, différents de ceux du Koswinsky, et qui seront décrits ultérieurement.

§ 2. *Les dunites filonniennes, composition et structure.*

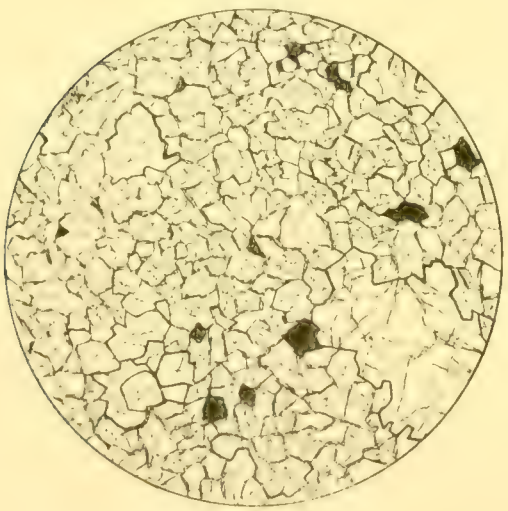
Au Koswinsky nous avons trouvé deux types de dunites filonniennes : l'un parfaitement identique à celui de la même roche profonde ; l'autre essentiellement différent, caractérisé par le développement de la magnétite sidéronitique.

Au Tilaï les variétés sidéronitiques n'ont pas été rencontrées, par contre les dunites normales montrent une grande uniformité dans leur structure et dans leurs minéraux constitutifs.

Ces derniers sont, comme d'habitude, représentés exclusivement par l'olivine et le fer chromé. L'*olivine* est parfaitement incolore et présente les propriétés optiques ordinaires à ce minéral : le signe optique positif; la dispersion $\rho < V$ et un angle des axes 2V de 84 à 85°. La biréfringence n_g-$n_p = 0{,}035$, ce chiffre est absolument constant.

Le fer chromé est plutôt rare et se trouve toujours en petit octaèdres isolés parmi les grains d'olivine.

La structure est panidiomorphe grenue; la dimension des grains d'olivine est assez variable. Dans la règle, ceux-ci sont d'assez grande taille et directement pressés les uns contre les autres; les grains de chromite beaucoup plus petits, sont dispersés çà et là parmi les péridots; ce type est alors absolument identique à celui de la dunite massive, on le trouve réalisé par exemple dans la roche qui forme le puissant filon visible sous la pointe de Palnitschnaïa.



Dunite filonnienne de Garéwaïa. Coupe n° 160. Grossissement = 13 diam. Lumière naturelle. La coupe montre les octaèdres de chromite disposés dans une masse grenue formée par les grains d'olivine, avec un cristal de cet élément développé porphyriquement.

D'autres fois les grains d'olivine sont beaucoup plus petits et ne dépassent pas 0,4 à 0,6^{mm} contre 2-3^{mm} dans le cas ordinaire. La structure est panidiomorphe grenue typique; çà et là un cristal de plus grande taille se développe dans la masse grenue. Ce type est fréquent dans la dunite filonnienne de Garéwaïa.

L'olivine est toujours plus ou moins fortement serpentinisée selon les cassures; l'antigorite qui en résulte est de couleur verdâtre et présente les caractères optiques que nous avons longuement décrits dans notre premier volume. La serpentinisation paraît parfois être en rapport avec un écrasement dynamique manifeste que l'on observe sur les cristaux, les rubans d'antigorite sont alors alignés plus ou moins parallèlement.

On a souvent reproché à la classe des roches filonniennes un caractère absolument artificiel ; la dunite peut servir d'exemple à citer à ce point de vue ; l'œil le plus exercé ne saurait, en effet, reconnaître sur le terrain comme aussi sous le microscope ou à l'analyse, la plus petite différence entre la dunite filonnienne et la dunite massive de profondeur.

§ 3. *La « garéwaïte », minéraux constitutifs, structure et composition chimique.*

La roche que nous appelons garéwaïte est mélanocrate et d'aspect porphyrique. A l'œil nu, on y distingue des phénocristaux d'un élément noir dont la dimension atteint et dépasse 8 millimètres, qui sont dispersés dans une masse finement grenue de couleur gris-foncé. A la loupe, on voit que cette masse qui constitue une pâte, est entièrement cristallisée et formée de petits grains de feldspaths blancs, irrégulièrement mêlés à des grains de couleur plus foncée, verdâtre ou noirâtre, qui paraissent être de l'olivine, et qui sont considérablement plus abondants que les feldspaths.

Sous le microscope les minéraux qui entrent dans la composition de cette roche sont : La magnétite et le spinelle vert, l'olivine, le pyroxène, l'amphibole et les feldspaths.

PHÉNOCRISTAUX

Les phénocristaux sont exclusivement représentés par le pyroxène, dont le contour est généralement corrodé sans formes géométriques, et présente une structure zonaire très caractéristique. Les zones sont régulières, on y reconnaît les profils de l'augite. En lumière naturelle le pyroxène est légèrement brunâtre ; on y remarque les clivages $m = (110)$, plus rarement $h^1 = (100)$. Les cristaux renferment deux sortes d'inclusions :

1° Des grains de feldspath, d'olivine et de magnétite, qui sont identiques à ceux qui constituent la pâte.

2° Des inclusions lamellaires ou en petits grains d'un minéral ferrugineux, opaque, qui s'intercalent ordinairement parallèlement au clivage $h^1 = (100)$, ou qui

s'entrecroisent selon deux systèmes conjugués en formant un treillis ferrugineux, qui, par sa disposition, rappelle celui de la mâcle du microcline.

Ces inclusions peuvent devenir si abondantes qu'elles obscurcissent totalement le minéral sur lequel il est impossible alors de déterminer les propriétés optiques. Souvent elles remplissent régulièrement le cristal, d'autres fois elles soulignent la disposition en zones concentriques, d'autres fois encore elles dessinent par leur groupement la forme dite en sablier à l'intérieur du phénocristal.

Les propriétés optiques de ce pyroxène sont les suivantes :

Le plan des axes est parallèle à $g^1 = (010)$, l'extinction sur cette face oscille entre 38 et 40° ; le signe optique est positif, l'angle 2V dépasse 50°.

Deux biréfringences principales mesurées directement ont donné :

1°	$n_g - n_p = 0{,}025$	$n_g - n_m = 0{,}022$
2°	$n_g - n_p = 0{,}024$	$n_g - n_m = 0{,}018$

Ce pyroxène appartient évidemment à la série des diallages.

PATE

La pâte entièrement et largement cristallisée, présente une structure panidiomorphe grenue typique. Les éléments constitutifs sont absolument isométriques et de taille relativement grande. Cette structure panidiomorphe contraste avec celle de certaines variétés de tilaïtes à grain fin et d'aspect porphyrique, chez lesquelles les phénocristaux de pyroxène ont sensiblement les mêmes caractères que ceux de la garéwaïte, mais où la structure est toujours cryptique et partant différente.

Garéwaïte de Garéwaïa. Coupe n° 168. Lumière naturelle, les feldspaths kaolinisés ont été reconstitués et supposés dessinés en lumière polarisée. P = pyroxène. O = olivine. F = feldpaths. Les grains opaques sont de la chromite.

MAGNÉTITE ET CHROMITE

La chromite est assez abondante et se présente en petits octaèdres isolés. Nous attribuons à la magnétite des petites plages sidéronitiques très localisées et faisant ciment entre deux

ou trois cristaux idiomorphes d'olivine, plages qui renferment çà et là un grain de spinelle vert.

OLIVINE

C'est l'élément prépondérant de la deuxième consolidation; il présente d'ailleurs les mêmes caractères que dans la dunite, notamment dans la dunite filonnienne à tendance porphyroïde. Ses grains, parfaitement transparents et incolores, renferment çà et là un petit cristal de chromite. Les propriétés optiques de l'olivine sont normales, les trois biréfringences mesurées directement, ont été trouvées de :

$$n_g - n_p = 0{,}037 \qquad n_g - n_m = 0{,}019 \qquad n_m - n_p = 0{,}017$$

PYROXÈNE

Le pyroxène est assez rare parmi les éléments de la seconde consolidation : on en rencontre quelques petits grains idiomorphes, aux formes raccourcies, ayant le même clivage et les mêmes propriétés que les phénocristaux, mais toujours dépourvus d'inclusions.

FELDSPATHS

Ils viennent en second après l'olivine, mais sont considérablement moins abondants ; ils se rencontrent également en grains idiomorphes. Il est impossible de préciser le caractère du feldspath, par le fait qu'il est complètement kaolinisé et méconnaissable ; il est cependant certain, par analogie avec ce que nous avons pu voir dans d'autres roches filonniennes assez analogues, que la variété était très basique et appartenait sans doute au groupe des Labrador-Bytownite et Anorthite.

COMPOSITION CHIMIQUE

Nous avons analysé cette curieuse roche pour comparer sa composition avec celle des diverses roches filonniennes basiques dont il sera question.

Cette analyse, faite en double comme toujours, a donné les résultats suivants, qui sont la fidèle expression de la composition minéralogique que nous avons indiquée.

Analyse de la garéwaïte (N° 168).

	Analyse brute [1].	Analyse ramenée à 100 parties.			
SiO_2 =	42,84	42,55	0,709		
Al_2O_3 =	3,60	3,57	0,035	0,090 R_2O_3	
Cr_2O_3 =	3,04	3,02	0,020		
Fe_2O_3 =	5,69	5,65	0,035		
FeO =	8,48	8,43	0,117	0,930 RO	0,943 R_2O RO
CaO =	11,41	11,33	0,202		
MgO =	24,60	24,43	0,611		
K_2O =	0,42	0,41	0,004	0,013 R_2O	
Na_2O =	0,61	0,61	0,009		
Perte au feu =	1,80	—			
	102,49	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,11$.

Formule magmatique $7,8\,SiO_2 : R_2O_3 : 10,5\,RO$.

Rapport $R_2O : RO = 1 : 71$.

§ 4. *Les berbachites et leurs formes de passage aux microgabbros.*

Les berbachites sont des roches mélanocrates, finement grenues mais non aphanitiques, de couleur noirâtre ou grisâtre; le feldspath y est très uniformément réparti parmi l'élément noir. La roche est généralement aphyrique, cependant quelquefois le pyroxène et l'olivine peuvent s'y développer porphyriquement, la roche passe alors aux microgabbros que nous avons décrits précédemment.

Sous le microscope les minéraux constitutifs de la berbachite de Tilaï sont : la magnétite, le pyroxène monoclinique, l'hypersthène, l'olivine, la biotite, la hornblende et les plagioclases basiques.

MAGNÉTITE

Elle se rencontre en grains idiomorphes comme aussi en petites plages sidéronitiques réunissant localement quelques grains de pyroxène.

[1] Dans la note publiée antérieurement à l'Académie des Sciences sur la garéwaïte, une erreur de transcription nous fait donner pour Al_2O_3 4,60 au lieu de 3,60 et pour Cr_2O_3 4,04 au lieu de 3,04.

PYROXÈNE MONOCLINIQUE

Il forme l'élément principal. Les cristaux sont raccourcis, les clivages $m = (110)$ y sont nets, le clivage $h^1 = (100)$ rare; la mâcle selon h^1 (100) n'a presque pas été observée. En lumière naturelle il est verdâtre, ses propriétés optiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau des propriétés optiques du pyroxène.

Numéro de la coupe.	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	Extinction.	Observations.
1145	0,021	0,015	0,004	36° ?	Mauvais clivages.
	0,022	0,016	0,003	—	id.
	0,024	0,18	0,003	—	id.
	—	0,18	0,004	—	id.
	—	0,18	—	—	id.
165 *b*.	0,026	0,020	—	40°	Clivage h^1 assez bon.
	0,025	0,019	—	42°	—
	—	0,021	—	—	—

Le signe optique est positif, l'angle des axes optiques est petit, mais n'a pas été mesuré faute de section bien centrée.

Ces chiffres montrent qu'il existe dans les berbachites plusieurs termes de la série augite-diallage; l'apparition de types augitiques est sans doute liée à celle du feldspath. Dans les variétés où le pyroxène se développe porphyriquement, ses propriétés optiques restent identiques, mais le minéral est fréquemment saturé d'inclusions opaques ferrugineuses.

HYPERSTHÈNE

Ce minéral est très rare, il en existe une ou deux sections seulement, que nous avons diagnostiquées par leur polychroïsme sans pouvoir établir de caractères optiques plus serrés faute de matériel.

OLIVINE

L'olivine joue un rôle très subordonné à celui du pyroxène, on en trouve çà et là quelques rares petits grains incolores et craquelés; elle peut cependant parfois se développer porphyriquement. Les propriétés optiques de ce minéral sont normales.

BIOTITE

La biotite n'est jamais abondante, mais par contre très constante dans les berbachites. Elle s'y rencontre en toutes petites lamelles développées toujours au contact d'un grain de magnétite. Souvent cette biotite forme une sorte d'auréole autour du fer oxydulé. Elle est toujours très colorée, avec polychroïsme intense dans les teintes suivants : ng = rouge-brun foncé, np = presque incolore ; s'éteint à 0° du clivage p = (001), puis est rigoureusement uniaxe négative.

HORNBLENDE

Elle est plus rare que la biotite, et se présente dans les mêmes conditions, c'est-à-dire qu'elle forme une auréole autour de la magnétite lorsque celle-ci est incluse dans le pyroxène. Cette hornblende est peu colorée ; sa rareté ainsi que la petitesse des sections empêchent d'en déterminer les propriétés d'une manière complète. Elle est négative, avec un polychroïsme comme suit :

n_g = brunâtre sale. n_p = brun-jaunâtre très pâle.

FELDSPATHS

Les feldspaths sont parfois complètement kaolinisés ou au contraire absolument frais. Ils sont mâclés selon l'albite, Karlsbad ou la péricline. Les variétés sont généralement basiques et correspondent à la série des labradors ou labradors-bytownites. Il est probable d'ailleurs que la nature des plagioclases varie passablement selon que les spécimens sont plus ou moins mélanocrates. Voici, à titre d'exemple, quelques déterminations faites sur une variété très mélanocrate, avec olivine. (N° 1145).

1° Section Sn_g mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Sn_g = — 30°
1′ = — 7° du même côté que 1 } = Labrador $Ab_3 An_1$.

2° Section Sn_g mâclée selon Karlsbad.

Extinction 1 Sn_g = 34° }
» 2 = 39° } Labrador $Ab_3 An_1$.

3° Section perpendiculaire à l'axe optique A mâclée selon Karlsbad.

Trace du plan des axes sur 1 SA = 25° } = Labrador-Bytownite.
2 = 20° du même côté que 1 }

La lamelle 2 est voisine d'un axe optique.

STRUCTURE

La structure est panidiomorphe grenue : les éléments blancs et noirs sont uniformément mêlés, localement cependant un ou deux cristaux de pyroxène sont reliés en plages par de la magnétite.

Dans les variétés à tendance porphyroïde, les phénocristaux sont toujours rares, on en trouve un ou deux seulement par préparation ; ces variétés porphyriques s'acheminent alors aux microgabbros que nous avons décrits antérieurement à propos du Pharkowsky-Ouwal.

Berbachite à olivine avec tendance porphyroïde. N° 1145. Lumière naturelle, les feldspaths en lumière polarisée : O = olivine. P = pyroxène. F = Plagioclase. La magnétite est représentée par les grains opaques.

Composition chimique :

	Analyse du N° 165[b].	Ramenée à 100 parties.			
SiO_2	= 46,93	46,25	0,770		
Al_2O_3	= 11,83	11,66	0,114	0,160 R_2O_3	
Fe_2O_3	= 7,58	7,47	0,046		
FeO	= 6,03	5,94	0,082		
CaO	= 13,26	13,07	0,233	0,617 RO	0,670 R_2O+RO
MgO	= 12,28	12,10	0,302		
Na_2O	= 3,12	3,08	0,049	0,053 R_2O	
K_2O	= 0,44	0,43	0,004		
Perte au feu	= 0,92	—			
	102,39	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 1,345$.

Formule magmatique : $= 4,8\ SiO_2 : R_2O_3 : 4,2\ RO$.

Rapport $R_2O : RO = 1 : 11,6$.

La berbachite de Tilaï est, comme on le voit, plus mélanocrate que celle classique de Beerbach, elle se rapproche déjà plus de celle de Monhegan Island analysée par E. C. E. Lord.

		I.	II.	III.
SiO_2	=	46,93	47,21	46,29
Al_2O_3	=	11,83	20,52	17,16
Fe_2O_3	=	7,58	7,48	2,57
FeO	=	6,03	5,32	9,87
CaO	=	13,26	8,60	12,04
MgO	=	12,28	4,16	7,79
K_2O	=	0,44	0,33	0,16
Na_2O	=	3,12	5,17	2,21
Perte au feu	=	0,92	0,34	0,51
		102,39	99,13	98,60

1° Berbachite de Tilaï.

2° Berbachite de Berbach (en plus 0,46 P_2O_5 et 0,19 FeS_2).

3° Berbachite de Monhegan (en plus 1,21 de TiO_2).

La berbachite de Tilaï est donc un type plus basique que ceux connus jusqu'à ce jour, ce qui n'a rien d'étonnant d'ailleurs, étant donné les relations qui lient la roche filonnienne avec celle massive qu'elle traverse. La tilaïte en effet représente évidemment le terme le plus basique de la série des gabbros à olivine, il n'y a dès lors rien d'étonnant à ce que la berbachite qui la traverse affecte le même caractère de basicité.

Nous avons d'ailleurs rencontré des types plus basiques que le n° 165 *b*, ce sont notamment les variétés à olivine qui ont la tendance porphyrique.

Une analyse incomplète d'une roche de ce genre (n° 1145) nous a donné SiO_2 = 40,20 % $(Fe_2Al_2O_3)$ = 28,09 CaO = 14,96 MgO = 13,03.

§ 5. *Les diorites-pegmatites à hornblende, minéraux, structure, composition et différentes variétés.*

Les filons de pegmatites se rencontrent très souvent dans la chaîne du Tilaï-Cérébriansky, ils traversent indifféremment les diverses roches éruptives massives que nous avons décrites, mais se trouvent plus particulièrement dans les pyroxénites, les gabbros et les tilaïtes. Il est rare de rencontrer les filons en place dans la roche encaissante vu la nature du sol, mais on voit fréquemment des blocs de ces pegmatites dans les pierriers provenant du démantellement *in situ,* comme aussi

dans les éboulis des pentes ou encore dans les alluvions de certaines rivières qui s'amorcent sur la chaine.

Nous avons trouvé les pegmatites à hornblende dans la partie supérieure de l'entonnoir de Garéwaïa, puis sur les pentes qui dominent les sources de M. Kanjakowskaïa, sur les chainons latéraux B et C, et enfin dans la partie supérieure de la vallée de Poloudniéwaïa. Là nous avons observé en place, encaissé dans les pyroxénites, un gros filon dirigé nord-sud de pegmatite, filon qui mesure plus de 1,30 m. d'épaisseur et qui se continue sur une grande distance, car on en retrouve en effet des traces à la base du Kanjakowsky, et d'autre part nous avons vu les mêmes roches en gros blocs anguleux dans les alluvions de M. Kanjakowskaïa.

Ces pegmatites sont caractérisées par la dimension parfois gigantesque de leurs éléments constitutifs, les cristaux de hornblende y mesurent jusqu'à 30 centimètres de longueur et 5 à 6 centimètres d'épaisseur; c'est le cas notamment pour les pegmatites de Poloudniéwaïa. A Garéwaïa les éléments constitutifs sont plus petits, néanmoins les amphiboles atteignent encore 7 à 8 centimètres. Les pegmatites à hornblende sont toujours très altérées, les feldspaths profondément kaolinisés y sont presque indéterminables; d'autre part la dimension des minéraux rend leur étude en coupe mince fort difficile vu la rareté des sections utilisables.

Les éléments constitutifs des pegmatites sont: apatite, sphène, hornblende, biotite, plagioclases et quartz, les minéraux secondaires sont la magnétite, l'épidote, la chlorite, le mica blanc et le kaolin.

APATITE

L'apatite est particulièrement abondante dans les pegmatites, elle s'y présente en gros cristaux mesurant jusqu'à un millimètre, toujours allongés suivant la zone prismatique. D'habitude ils sont formés par la combinaison de la base $p = (0{,}001)$ avec le prisme $m = (10\bar{1}0)$, cependant on trouve ces mêmes faces en combinaison avec la pyramide $b^1 = (10\bar{1}1)$, dans ce cas la base est réduite. Les sections sont d'habitude craquelées, elles renferment de très petites inclusions noirâtres, puis ça et là un fragment de feldspath kaolinisé. L'apatite est uniaxe négative, avec biréfringence ordinaire.

SPHÈNE

Le sphène est au contraire rare, et se rencontre en petits grains de couleur brunâtre, qui possèdent les caractères optiques connus.

HORNBLENDE

La hornblende existe en partie égale avec l'élément blanc. Les cristaux très

allongés suivant la zone du prisme, présentent les combinaisons $m = (110)$ $h^1 = (100)$ et très rarement $g^1 = (010)$; les clivages m sont normaux, les mâcles h^1 rares. Les propriétés optiques sont les suivantes :

L'allongement est positif, la bissectrice aiguë négative.

Le polychroïsme est intense et comme suit :

n_g = vert brunâtre foncé n_m = vert brunâtre pâle n_p = brun très pâle.

La coloration de la hornblende est très irrégulièrement distribuée, elle paraît souvent comme marbrée de taches plus pigmentées ; on y voit également de petites taches noirâtres qui ressemblent aux inclusions du diallage.

Quelquefois les cristaux de hornblende vert brunâtre s'entourent d'une auréole plus claire d'un beau vert d'herbe, à polychroïsme plus accusé, et dont la biréfringence est également plus élevée ; cette auréole a sans doute une composition chimique un peu différente de celle du noyau.

La hornblende de Poloudniéwaïa a été isolée par M. Hornung, élève du laboratoire de chimie analytique, et analysée par lui.

Les résultats de cette analyse sont les suivants :

Analyse de la hornblende de la pegmatite de Poloudniéwaïa :

SiO_2	=	45,22
Al_2O_3	=	9,23
Fe_2O_3	=	18,89
FeO	=	
CaO	=	13,56
[1]MgO	=	12,99

A côté de la hornblende dont nous venons de décrire les caractères, nous avons rencontré dans les pegmatites dont il s'agit, une autre hornblende en cristaux beaucoup plus petits et moins allongés, qui se distingue également par une couleur et un polychroïsme différents. Les propriétés optiques de cette hornblende sont en effet les suivantes : Sur $g^1 = (010)$ l'extinction se fait à 18°, la bissectrice aiguë et négative, les biréfringences et les indices ont les valeurs suivantes :

[1] Les alcalis et la perte au feu non dosés.

Tableau des indices et des biréfringences de la hornblende.

Numéro de la coupe.	Orientation de la section.		n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$
1093	Sn_2	a	1,6816	1,6709	1,6580	0,0237	0,0108	0,0129
		b	1,6819					

Le polychroïsme est alors dans les teintes suivantes :

n_g = brun foncé n_m = brunâtre n_p = brunâtre très pâle.

Cette hornblende a été également séparée et analysée, sa composition est la suivante :

Analyse du N° 1093.

SiO_2	42,52
Al_2O_3	12,92
Fe_2O_3	10,26
FeO	8,09
CaO	13,82
MgO	12,66

[1]

MICA NOIR

Il est plutôt rare, on en rencontre une ou deux sections déchiquetées, qui sont alors uniaxes négatives avec polychroïsme suivant :

n_g = brun rougeâtre très foncé n_p = brun très pâle.

La biotite est entièrement indépendante de la hornblende.

FELDSPATHS

Ils sont d'habitude complètement koalinisés et absolument indéterminables d'autant plus que la dimension des individus rend le nombre des sections utilisables très petit. On observe presque toujours que ces feldspaths, lorsqu'ils sont encore frais, sont constitués par deux zones distinctes à savoir : Un noyau interne et une bordure périphérique. Le noyau est toujours plus biréfringent que la bordure, mais il est par contre fortement décomposé tandis que celle-ci est toujours fraîche.

[1] Alcalis et perte au feu non dosés.

Tous deux sont mâclés selon l'albite, mais les lamelles du noyau sont plus larges que celles de la bordure, ce qui indique déjà une teneur plus basique. Sur le noyau une double détermination a donné :

1° Section Sn_g mâclée selon Ab.

Extinction sur 1 Sn_g = 42° } — Anorthite à 75 %.
1 = 3

2° Section Sn_g mâclée selon K.

Extinction de 1 Sn_g = + 32 } = Labrador Ab_3An_4.
2 = — 30

2 est voisin d'un axe optique.

Sur la bordure.

Section Sn_p mâclée selon Ab et P.

Extinction de 1 Sn_p pour Ab = + 16
1' » = — 17° } = Andesine.
1 » P = — 70°
1' » + 70°

Comme on le voit, le centre altéré est constitué par une plagioclase très basique du groupe Labrador-Anorthite, la bordure est acide et représentée par des termes de la série des andesines qui paraissent, génétiquement parlant, plus récents.

QUARTZ

Il est très subordonné aux éléments feldspathiques et forme ça et là quelques petites plages calées entre les cristaux de feldspath. Les propriétés optiques sont ordinaires, la croix noire se disloque légèrement par rotation de la platine du microscope.

MINÉRAUX SECONDAIRES

ÉPIDOTE

Elle se trouve en petits grains ou en prismes légèrement colorés et toujours polychroïques. L'allongement des cristaux est de signe variable. Sur la section parallèles à n_g-n_p l'angle d'extinction est de 32°, le signe optique est négatif, quant à la biréfringence n_g-n_p mesurée directement elle est 0,0547.

Le polychroïsme se fait dans les tons suivants :

n_g = jaune citron légèrement brunâtre.
n_p = brun très pâle.

L'épidote se rencontre dans les feldspaths, principalement au contact de la hornblende.

MICA BLANC

Ce minéral se présente en jolies et très petites lamelles incolores, très biréfringentes, biaxes et négatives.

CHLORITE

La chlorite forme quelques grandes lamelles très colorées d'un beau vert bleu, qui s'éteignent à 3° du clivage $p = (001)$, et qui sont fortement polychroïques avec :

n_g = vert bleuâtre $\quad$ n_p = brun pâle légèrement rosé.

La biréfringence n_g-n_p mesurée directement a été trouvée de 0,0038, le minéral est uniaxe négatif. Ces divers caractères concordent avec ceux de la Pennine.

ÉLÉMENTS FERRUGINEUX

On trouve également quelques amas d'un minéral ferrugineux qui est sans doute de la magnétite et qui provient de la décomposition complète d'un silicate ferro-magnésien ; puis quelques grains d'hématite.

STRUCTURE

La structure gigantoplasmatique est celle caractéristique des pegmatites. Les éléments ferro-magnésiens et feldspathiques sont disposés pêle-mêle, les premiers généralement de plus grande taille que les seconds ; il n'y a pas pénétration des deux éléments comme dans les pegmatites graphiques.

COMPOSITION CHIMIQUE

La dimension des éléments rend une analyse en bloc difficile mais non impossible. A cet effet, on a pulvérisé un gros fragment d'une pegmatite de Garéwaïa dans laquelle la hornblende n'avait que quelques centimètres, c'est sur la poussière ainsi obtenue que l'analyse a été faite[1].

[1] S. Pétroff. Thèse.

Analyse du n° 170 *a* (Garéwaïa).

SiO_2	=	45,86	46,84	0,780		
Al_2O_3	=	21,93	22,40	0,219	0,243 R_2O_3	
Fe_2O_3	=	3,82	3,88	0,024		
FeO	=	5,54	5,67	0,0787	0,4466 RO	0,4777 R_2O + RO
MgO	=	5,14	5,25	0,1312		
CaO	=	12,98	13,26	0,2367		
K_2O	=	2,21	2,26	0,024	0,0311 R_2O	
Na_2O	=	0,43	0,44	0,0071		
Perte au feu	=	2,16	—			
		100,07	100,00			

Coefficient d'acidité $z = 1,27$.

Formule magmatique 3,21 SiO_2 : R_2O_3 : 1,96 RO.

Rapport R_2O : RO = 1 : 14,3.

En comparant cette formule avec celle des roches précédemment décrites, il est aisé de voir qu'elle se rapproche absolument de celle assignée par l'analyse aux gabbros ouralitisés de Cérébriansky, que nous donnerons ici à titre de comparaison.

$$z = 1,11\ ;\ 3,08\ SiO_2 : R_2O_3 : 2,14\ RO\ ;\ R_2O : RO = 1 : 14,2$$

Différentes variétés observées.

Les pegmatites à hornblende sont généralement très uniformes de structure et de composition; c'est le type gigantoplasmatique de Poloudniéwaïa qui prédomine, et les différentes variétés ne se distinguent que par la dimension de leurs éléments constitutifs, ceux-ci étant, minéralogiquement parlant, absolument identiques. Il existe cependant certaines variétés curieuses qui diffèrent un peu de la règle générale. Tel est le cas, par exemple, pour une pegmatite que nous ne connaissons pas en place, mais qui a été rencontrée aux sources de B. Kanjakowskaïa dans les alluvions. Celle-ci présente une structure plus ou moins parallèle dûe à l'orientation de la hornblende qui y est de dimension notablement inférieure à celle de la hornblende des pegmatites ordinaires. La roche est d'ailleurs absolument mélanocrate, et la hornblende paraît différente à première vue. Sous le microscope, en effet, cette hornblende est la variété brune précédemment indiquée et dont les caractères ont

déjà été donnés. La structure microscopique de la roche est alors toute différente : de gros cristaux de hornblende entourés d'une grande quantité de cristaux de beaucoup plus petite dimension, gisent pêle-mêle parmi l'élément feldspathique qui est ici complètement kaolinisé et plutôt rare.

Dans la région des sources de B. Katécherskaïa, à l'endroit où la rivière commence à s'encaisser à une assez grande distance en aval du fond du cirque rocheux qui sert de bassin de réception, nous avons trouvé dans des gabbros dont les éléments constitutifs paraissent légèrement orientés, une grande quantité de filons minces d'une pegmatite blanche à petits éléments. Ces filons dont l'épaisseur ne dépasse pas m. 0,50, paraissent produire dans la roche qu'ils traversent une métamorphose évidente à leur contact. La disposition rubannée des gabbros disparaît, et sur une épaisseur de plusieurs centimètres la roche encaissante devient compacte, finement grenue et verdâtre, tandis que le gabbro traversé est lui-même grossièrement grenu.

L'examen microscopique montre que la pegmatite est absolument distincte de la roche verte grenue de son contact; on pourrait penser *a priori* que celle-ci provient d'une séparation et d'une concentration de l'élément noir sur les salbandes des veinules, mais il n'en est rien, et cette zone verte apparaît au premier chef comme le résultat d'un métamorphisme local exercé par la pegmatite sur le milieu traversé.

En effet, sous le microscope, la pegmatite est exclusivement constituée par des plagioclases mâclés selon l'albite, qui appartiennent à la série des andésines.

La roche verte est formée d'une multitude de cristaux verts de hornblende de petite dimension, qui présente tous les caractères du même minéral dans les gabbros ouralitisés.

CHAPITRE VIII

La province pétrographique du Koswinsky-Tilaï.

§ 1. Tableau des formules magmatiques de la série des roches abyssales étudiées, et observations qui se dégagent de son examen. — § 2. La série filonnienne, tableau des formules magmatiques, relations entre les roches filonniennes et abyssales. — § 3. Considérations générales relatives à la série éruptive du Koswinsky-Tilaï.

§ 1. *Tableau des formules magmatiques de la série des roches abyssales étudiées, et observations qui se dégagent de son examen.*

L'étude que nous avons faite des roches éruptives du Koswinsky ainsi que de celles de la chaîne du Tilaï-Cérébriansky serait nécessairement incomplète si nous omettions de mettre en évidence les affinités qui existent entre les divers termes de cette remarquable série. Pour cela, nous avons groupé dans le tableau suivant toutes les formules magmatiques des roches de profondeur que nous avons décrites :

Tableau des roches abyssales du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï.

Noms		Formule magmatique	Coefficient α
Dunite massive	du Koswinsky	$67\,SiO_2 : R_2O_3 : 132\,RO$	0,98
	du Tilaï	$81\,SiO_2 : R_2O_3 : 172\,RO$	0,92
Pyroxénite	du Koswinsky	$31,4\,SiO_2 : R_2O_3 : 40,9\,RO$	1,57
	du Tilaï	$28\,SiO_2 : R_2O_3 : 32\,RO$	1,58
Koswite	du Koswinsky	$5,4\,SiO_2 : R_2O_3 : 6,7\,RO$	1,12
	du Tilaï	$3,2\,SiO_2 : R_2O_3 : 3,8\,RO$	0,94
Tilaïte	du Pharkowsky Ouwal	$6,7\,SiO_2 : R_2O_3 : 6,7\,RO$	1,37
	du Tilaï	$6,1\,SiO_2 : R_2O_3 : 6,5\,RO$	1,29
Gabbros à olivine	du Tilaï (passage à la Koswite)	$4,4\,SiO_2 : R_2O_3 : 4,4\,RO$	1,18
	du Tilaï	$3\,SiO_2 : R_2O_3 : 2,9\,RO$	1,03
Gabbros Ouralitisés	du Cérébriansky	$3,08\,SiO_2 : R_2O_3 : 2,24\,RO$	1,11
	du Katéchersky	$4,35\,SiO_2 : R_2O_3 : 3,01\,RO$	1,48
Norites	du Cérébriansky	$3,8\,SiO_2 : R_2O_3 : 2,1\,RO$	1,49

Tout d'abord il est aisé de se convaincre que les roches de la boutonnière éruptive formée par les massifs du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï appartiennent aux types les plus basiques connus. Le coefficient d'acidité y oscille, en effet, entre 0,94 et 1,58; or, ce dernier chiffre s'appliquant à des pyroxénites sans feldspath, on peut logiquement en inférer que la série tout entière est mélanocrate, et que ses feldspaths sont d'une grande basicité, ce qui d'ailleurs est conforme à l'observation directe.

En second lieu, si on en excepte la dunite massive et les pyroxénites franches, toutes les formules magmatiques de ces différentes roches présentent certaines analogies incontestables. En effet, à partir de la koswite inclusivement, on observe que le rapport du nombre des molécules des bases RO à celui des molécules de silice est tout d'abord un peu supérieur, puis égal, et enfin inférieur à l'unité.

Dans la koswite du Koswinsky et du Tilaï qui ne diffèrent que par une plus grande abondance de sesquioxydes dans la dernière de ces deux roches, ce rapport est invariablement de 1,2. L'apparition d'une faible quantité d'alcalis et le remplacement de FeO par Al_2O_3 fait, dans la tilaïte du Pharkowsky-Ouwal et dans celle du Tilaï, tomber ce rapport à l'unité dans la première, et à 1,06 dans la seconde de ces deux roches. Ce même rapport est égal à 1 dans les formes de passage à la koswite, et à 0,97 dans le gabbro à olivine franc.

Chez les variétés ouralitisées du Cérébriansky, malgré leur basicité, ce rapport devient de 0,72 contre 0,69 pour les mêmes roches du Katéchersky, enfin chez les norites, il tombe à 0,54.

Les alcalis subissent une évolution correspondante; le rapport de R_2O:RO qui oscille entre 41 et 21 pour les roches chez lesquelles le rapport RO:SiO_2 est égal à 1 ou à peu près, varie entre 14 et 7 pour celles où il est inférieur.

Il y a donc une série naturelle bien coordonnée, qui va de la koswite aux norites franches sans aucune anomalie, et les caractères de parenté de ces différentes roches, ainsi que leur filiation naturelle, ressortent à l'évidence de l'exposé qui précède. L'expression si heureuse de « consanguins » peut s'appliquer sans conteste aux différents termes énumérés ci-dessus de cette belle série basique abyssale, ils représentent bien des produits variés de la différenciation d'un seul et même magma, mais ces variations s'effectuent dans un cadre déterminé et ne vont pas jusqu'à supprimer les caractères de l'origine commune. Ceci ne ressort pas seulement de l'examen et de la discussion de la composition chimique de ces roches, mais encore de l'examen des caractères de leurs minéraux constitutifs. Les nombreuses déterminations exactes que nous avons faites du pyroxène, de l'olivine et de l'amphibole, nous ont montré des mêmes types. L'olivine reste invariable dans toute la série, les pyroxènes sont identiques dans la koswite du Koswinsky comme dans

celle du Tilaï, dans la tilaïte du Pharkowsky-Ouwal comme dans celle des sources de Garéwaïa; l'amphibole présente dans les roches du Cérébriansky, dans celles du Katéchersky et dans les variétés ouralitisées qui se rencontrent sur les chaînons latéraux B et C des caractères chimiques et optiques invariables. Sans doute les pyroxènes des types feldspathiques présentent de petites différences avec les mêmes minéraux des roches sans feldspaths, différences qui tiennent à une plus ou moins grande proportion d'alumine dans les premiers, mais ces pyroxènes d'un bout à l'autre de la série, gardent un type commun et un peu spécial, comme on peut aisément s'en convaincre en comparant la valeur de leurs trois indices principaux avec celles données pour divers diopsides, diallages et diallages augites par divers auteurs.

La dunite et les pyroxénites franches paraissent par leur formule magmatique s'éloigner complètement de toutes les roches de la série: dans la dunite en effet, qui renferme le minimum des sesquioxydes, le rapport du nombre de molécules des bases RO à celui de la silice est de 1,9, tandis que dans les pyroxénites il tombe à 1,3 pour un magma déjà plus riche en sesquioxyde; dans ces deux roches, cependant, le nombre total des molécules de $SiO_2 + RO$ exprimé par rapport à R_2O_3 est beaucoup plus considérable (199 et 72 contre 13 au maximum) que pour les autres roches. Et cependant dunites et pyroxénites sont à notre avis, elles aussi, deux produits de la différenciation du magma initial d'où sont issus les tilaïtes, les koswites, les gabbros et les norites, magma dont la composition primitive ne nous est pas connue à la vérité avec exactitude, mais qui, selon toute vraisemblance, ne devait pas être très éloignée de celle communément assignée au magma pyroxénitique. Ces produits extrêmes, qui semblent constituer une anomalie, n'ont pu prendre naissance qu'en entraînant la scorification, en quelque sorte, des sesquioxydes, suivie d'une accumulation de ces derniers dans le magma dont le caractère chimique a dû consécutivement changer; ou, au contraire, à la suite d'un épuisement graduel des sesquioxydes par des différenciations successives ayant également comme conséquence un changement dans la composition chimique du magma primordial, à moins que toutefois les deux phénomènes n'aient existé concurremment. Dans le premier cas, la formation des dunites et des pyroxénites aurait précédé celle des autres roches; dans le second, elle l'aurait suivie; dans le troisième, enfin, l'une et l'autre viendraient chronologiquement aux deux bouts de la série.

Il est dans l'état actuel de la question, impossible de préciser celle de ces trois alternatives qui a été réalisée; nous savons seulement que la dunite massive s'est différenciée après les pyroxénites dans lesquelles elle fait intrusion, les observations que nous avons faites à Poloudniéwaïa comme aussi au Sosnowsky-Ouwal et à l'éperon du Koswinsky ne laissent aucun doute à cet égard. Quant aux gabbros francs

et ouralitisés, ainsi qu'aux norites, rien ne permet d'affirmer leur antériorité vis-à-vis des pyroxénites, koswites et tilaïtes et vice-versa. Les gabbros et norites du Cérébriansky forment un grand massif très homogène, et nous n'avons pas observé qu'ils passassent latéralement aux roches précitées. On les voit, il est vrai, apparaître inopinément sur le chainon latéral C au milieu des pyroxénites, et nous les avons également retrouvés plusieurs fois en d'autres points sur les chainons B et C, mais il n'est pas possible d'établir sur le terrain les rapports existants entre les deux roches.

D'autre part, à 50 ou 60 kilomètres au NO du Cérébriansky, l'un de nous a retrouvé dans la région des sources de la rivière Travianka, affluent gauche de la rivière Wagran, une boutonnière de dunite massive entourée d'une mince auréole de pyroxénites, boutonnière qui paraît intrusive dans des gabbros ouralitisés assez analogues à ceux du Cérébriansky et qui affleurent sur une grande étendue. Ici les roches paraissent toujours manifestement liées les unes aux autres, mais les gabbros sont antérieurs.

Enfin, en ce qui concerne les relations mutuelles des pyroxénites franches, koswites et tilaïtes, ces différentes roches nous ont toujours paru étroitement liées, elles passent les unes dans les autres avec une grande facilité, les formes transitoires abondent, et il serait malaisé de marquer leurs limites sur le terrain. Elles nous paraissent correspondre à des produits différents mais contemporains, issus pendant une période déterminée de la différenciation.

Après ce qui vient d'être dit, l'hypothèse qui nous paraît le plus vraisemblable pour expliquer la formation de ces différentes roches et leur succession observée ou supposée est la suivante :

Le magma primitif a probablement, à la suite d'une première différenciation, donné naissance tout d'abord aux gabbros francs ouralitisés et aux norites, ce qui a eu pour résultat un abaissement très sensible de la teneur en alumine, puis la fixation d'un partie de la chaux et des alcalis. Le magma est devenu de la sorte plus riche en fer et en magnésie, et très pauvre en alumine et en alcalis. Une nouvelle différenciation donne naissance aux pyroxénites, ce qui augmente encore la teneur en sesquioxydes et ce qui amène comme contre-coup immédiat, la séparation de la koswite et de la tilaïte, la première par adjonction au pyroxène et à l'olivine de la scorie ferrifère qui reste à l'état libre, et qui entraine avec elle une partie de l'alumine : la seconde par fixation du restant de l'alumine et des alcalis comme feldspaths. Le magma épuisé en sesquioxydes et dont la chaux a été fixée comme feldspaths ou dans les pyroxènes, est alors devenu essentiellement magnésien ; il est dans les conditions propices pour donner naissance à la séparation massive de l'olivine, et la dunite, dernier produit de la différenciation magmatique, va prendre naissance

à son tour. Sans doute ces différenciations successives ont épuisé systématiquement le magma en un certain nombre de ses éléments chimiques, mais cet épuisement n'est jamais complet, nous en aurons tout à l'heure la preuve avec la série filonnienne.

§ 2. *La série filonnienne, tableau des formules magmatiques, relations entre les roches filonniennes et abyssales.*

La série filonnienne est très complète comme nous l'avons déjà montré, elle comprend des termes plus variés que la série abyssale, comme on pourra le voir dans le tableau suivant :

Tableau des formules magmatiques de la série filonnienne.

		Formules magmatiques [1]	Coefficient d'acidité
Dunite sidéronitique	du Koswinsky	$4{,}8\,SiO_2 : R_2O_3 : 9{,}4\,RO$	0,79
Dunite filonnienne	du Koswinsky	$67\,SiO_2 : R_2O_3 : 132\,RO$	0,98
Garéwaïte	du Tilaï	$7{,}8\,SiO_2 : R_2O_3 : 10{,}5\,RO$	1,11
Microgabbro	du Pharkowsky Ouwal	$4{,}9\,SiO_2 : R_2O_3 : 4{,}2 : RO$	1,34
Berbachite	du Tilaï	$4{,}8\,SiO_2 : R_2O_3 : 4{,}3 : RO$	1,32
Diorite anorthique	du Koswinsky	$3{,}1\,SiO_2 : R_2O_3 : 3\,RO$	1,04
Wehrlite [2]	du Koswinsky	$9{,}2\,SiO_2 : R_2O_3 : 11{,}5\,RO$	1,26
Pegmatite à hornblende	du Tilaï	$3{,}2\,SiO_2 : R_2O_3 : 2{,}00\,RO$	1,27
Plagiaplite	du Koswinsky	$4{,}1\,SiO_2 : R_2O_3 : 1{,}1\,RO$	1,99
Albitite	du Koswinsky	$5{,}8\,SiO_2 : R_2O_3 : 1{,}2\,RO$	2,71
Diorite leucocrate	du Pharkowsky Ouwal	$5{,}7\,SiO_2 : R_2O_3 : 1{,}03\,RO$	2,79
Plagiogranulite	du Koswinsky	$8\,SiO_2 : R_2O_3 : 1{,}6\,RO$	3,47

[1] Les secondes décimales ont été forcées le cas échéant.

[2] Cette formule a été rectifiée, elle n'est point exacte dans notre premier volume.

Si nous comparons ce tableau avec celui des roches abyssales, nous allons voir certains phénomènes se dégager nettement de cet examen :

En premier lieu, un certain nombre de roches filonniennes ont des formules identiques ou très voisines de celles de plusieurs des roches abyssales. Dans cette catégorie rentre tout d'abord la dunite filonnienne qui ne se distingue en rien de la même roche profonde; puis les microgabbros et les berbachites dont la formule rappelle trait pour trait celle de certaines formes de passage des tilaïtes aux koswites, et enfin les pegmatites à hornblende, ainsi que les diorites anorthiques filonniennes, qui ont une formule magmatique presque semblable à celle des gabbros ouralitisés du Cérébriansky. Il convient cependant de remarquer que l'acidité de la roche en filon est presque toujours légèrement supérieure à celle de la même roche abyssale, et que le rapport $R_2O : RO$ y est généralement plus petit. Ainsi pour les gabbros à olivine du Tilaï, il est de 1 : 31 contre 1 : 20,9 pour les microgabbros et 1 : 11,6 pour les berbachites; pour les gabbros ouralitisés du Cérébriansky, il est de 1 : 14 contre 1 : 13,8 pour les diorites anorthiques et 1 : 10,8 pour les pegmatites. Il existe donc des roches filonniennes identiques à celles de profondeur; le fait n'a rien de particulièrement curieux quand ces filons traversent une roche abyssale de même composition, comme c'est le cas, par exemple, pour les berbachites et les microgabbros dans les tilaïtes et les gabbros à olivine; mais il en est autrement quand ces mêmes filons traversent des roches abyssales toutes différentes, et que les roches filonniennes possèdent alors une composition identique à celle d'autres roches profondes de la même région, mais qu'elles ne traversent pas. Tel est, par exemple, le cas pour la dunite filonnienne dans les pyroxénites, la tilaïte ou la koswite; ou encore les pegmatites à hornblende dans les mêmes pyroxénites. La seule explication possible est que ces filons représentent des apophyses ramifiées, lancées par un massif éruptif profond dans une autre roche éruptive profonde également, qu'elles traversent; ou que, après avoir subi une série de différenciations successives, un magma déterminé est susceptible de repasser par les mêmes étapes durant la formation filonnienne, en récupérant pour ainsi dire localement les éléments chimiques nécessaires pour cela.

En second lieu, on peut remarquer qu'il existe tout un groupe de roches filonniennes qui, sans être identiques en tout point à certaines roches abyssales, gardent cependant avec elles des analogies manifestes.

Tel est par exemple le cas pour la dunite sidéronitique, qui se rapproche dans une certaine mesure de la koswite; ou encore pour la garéwaïte ou la wehrlite qui rappellent certaines variétés de pyroxénites très riches en olivine. Ce sont là évidemment des produits nouveaux, qui proviennent sans doute de variations loca-

les dans la composition du magma ou dans les conditions mêmes de la différenciation.

Enfin il existe une troisième catégorie de roches filonniennes, la plus curieuse sans doute, qui n'a aucun équivalent dans la série abyssale; ce sont les diorites leucocrates, les plagiaplites, les albitites et les granulites à plagioclases. Il est à remarquer d'ailleurs que ces filons qui *sont parfois de simples veinules*, traversent précisément les roches abyssales les plus basiques. C'est en effet dans la dunite massive[1] que l'on trouve les granulites à plagioclase à 70 % de silice, ainsi que des roches formées presque exclusivement par de l'albite pure : les diorites leucocrates percent les tilaïtes et pyroxénites du Pharkowsky-Ouwal, et les plagiaplites avec ou sans quartz, traversent au Koswinsky des pyroxénites dans lesquelles on ne trouve pas même un élément feldspathique. Dans notre premier volume, nous avons déjà insisté sur l'origine probable de ces filons et filonnets acides; les études que nous avons poursuivies depuis lors au Tilaï, comme aussi sur d'autres régions éruptives plus septentrionales, n'ont fait que nous fortifier dans la manière de voir que nous avons déjà exposée. Si basiques qu'elles soient, les roches de la vaste région éruptive du Koswinsky-Tilaï ont incontestablement cristallisé en présence de dissolvants et de minéralisateurs, et la cristallisation a été d'autant plus parfaite qu'elle a été plus lente et que ces minéralisateurs ont été plus abondants. Les pegmatites gigantoplasmatiques de Poloudniéwaïa montrent bien jusqu'où cette cristallisation a pu être poussée lorsque les conditions requises pour cela existaient, et la dimension colossale de leurs minéraux ne le cède en rien à celle des éléments des pegmatites des roches acides. Dans ces dernières, cependant, grâce à un phénomène qui dépend sans doute de la nature chimique du milieu en voie de cristallisation, ces dissolvants et minéralisateurs sont susceptibles d'être fixés en tout ou partie par ce milieu pour donner naissance à des minéraux nouveaux en participant à leur composition chimique : dans les roches basiques il ne paraît pas en être ainsi, et les minéralisateurs, une fois leur rôle terminé, ne pouvant se fixer chimiquement, se sont exsudés dans les fissures et ont donné naissance à cette curieuse série filonnienne acide.

§ 3. *Considérations générales relatives à la série éruptive du Koswinsky-Tilaï.*

Nous venons donc de voir que les roches éruptives abyssales et filonniennes du Koswinsky-Tilaï forment une série complète et consanguine, et qu'elles pro-

[1] L'un de nous a depuis lors trouvé une nouvelle série filonnienne dans la dunite de Travianka, l'étude de ces roches fera l'objet d'une publication ultérieure.

viennent évidemment des différenciations successives ou spontanées d'un même magma: l'appellation de province pétrographique nous paraît donc parfaitement convenir à la région éruptive que nous avons étudiée. Abstraction faite de quelques types filoniens acides qui sont d'ailleurs sans importance au point de vue quantitatif, la série envisagée dans son ensemble comme dans ses termes isolés, est absolument basique: nulle part, en effet, au Tilaï comme au Koswinsky et dans leurs environs immédiats, on ne rencontre des roches acides ou même neutres, différenciées en masse et servant pour ainsi dire d'antipodes aux roches basiques dont il a été question. Ce n'est donc pas un magma de composition moyenne, résultant d'une dissolution du noyau ferro-magnésien dans le noyau alcalin en proportion convenable, qui a donné naissance aux différentes roches que nous avons rencontrées; celles-ci sont issues d'un magma *qui fut basique dès le début,* dont la basicité ne changea guère au cours des différenciations successives qu'il eut à subir, et dont la composition ne devait pas s'éloigner beaucoup de celle du noyau ferro-magnésien lui-même. Ce magma primitif n'a jamais possédé en quantité suffisante les éléments alcalins et quartzeux nécessaires à la formation de roches abyssales neutres ou acides, et si cependant ces types acides se trouvent dans la série filonnienne, leur présence même n'a rien d'anormal, bien au contraire; elle atteste seulement l'existence de certains éléments qui, rares à l'origine, se sont pour ainsi dire concentrés dans le magma à la suite de ses différenciations successives, et se sont exsudés ensuite après la consolidation de la dernière roche profonde. Le magma basique a donc été accompagné de dissolvants et de minéralisateurs, mais il est permis de supposer que ces derniers ont joué un rôle très effacé comparé à celui qu'ils ont eu dans la formation des roches acides abyssales. Ce phénomène paraît d'ailleurs être assez général: il est incontestable, en effet, que les phénomènes de métamorphisme développés dans leur couverture par les roches basiques abyssales sont loin d'avoir l'ampleur de ceux produits par les roches acides, et l'abondance des dissolvants et des minéralisateurs qui accompagnent une roche éruptive se jauge pour ainsi dire à l'intensité du métamorphisme qu'elle développe dans les assises sous lesquelles elle s'est consolidée, ainsi qu'à l'étendue de son aire de dispersion. Au Koswinsky, il est vrai, l'absence de contacts visibles ou de lambeaux de couverture au sein du massif éruptif empêche toute constatation relative à ce métamorphisme, mais la grande rareté ainsi que la localisation de ces filonnets hyperacides peuvent nous renseigner suffisamment.

Nous avons déjà indiqué d'ailleurs dans notre premier volume et à propos de la koswite, que le facteur température paraissait avoir joué le rôle principal dans la formation de cette roche, en nous basant pour cela sur l'ordre

de consolidation observé pour les différents minéraux constitutifs, comparé aux points de fusion de ces mêmes minéraux: la rareté (mais non l'absence) des minéralisateurs vient à notre avis corroborer cette supposition.

En résumé, les roches de la province du Koswinsky-Tilaï sont issues d'un magma basique dès l'origine et qui l'est resté; des dissolvants et des minéralisateurs en petite quantité ont été présents pendant toute la durée des ségrégations, mais le facteur température paraît avoir joué un rôle prépondérant. Enfin des différenciations successives ont épuisé le magma en sesquioxydes, notamment en alumine, puis en chaux, en l'enrichissant en magnésie. Voici quelles sont les données qui peuvent servir à rechercher les causes et le mécanisme des différenciations observées: tenter de résoudre le problème c'est se buter dès le début à une impossibilité. Il est, en effet, en pareille matière, plus aisé de critiquer les théories émises que d'en proposer de nouvelles qui aient une apparence de possibilité. Il faudrait connaître exactement les conditions physico-chimiques si complexes des magmas, avoir déterminé les causes qui peuvent lentement ou brusquement amener une variation dans ces conditions, et enfin avoir précisé les modifications que ces variations peuvent apporter au milieu physico-chimique et à sa façon de se différencier, pour essayer de trouver une explication rationnelle; tant que n'aurons pas les bases solides de l'expérience, nous ferons sur l'origine des différenciations des hypothèses qui se vaudront toutes, par la très simple raison qu'elles ne vaudront rien. Sans doute il reste acquis que les minéralisateurs, la température, la nature de la couverture en contact avec le magma sous-jacent, et les mouvements orogéniques qui sont si étroitement liés à l'intrusion des roches profondes, ont joué un rôle important dans la formation de celles-ci, mais tout ceci nous laisse concevoir le phénomène de la différenciation sans nous permettre d'en établir le mécanisme. En ce qui concerne la série du Koswinsky-Tilaï, nous nous garderions bien d'émettre une hypothèse; tout ce que nous pouvons affirmer, c'est que très certainement les types observés ainsi que leur succession probable ou constatée, ne résultent en aucune façon de l'application du principe de Soret. Ce sont en effet les termes les plus basiques qui sont sortis les derniers, ce qui est précisément contraire à ce que voudrait la théorie, si le magma était assimilable à une solution du noyau ferro-magnésien dans le noyau alcalin, accompagné de son cortège de minéralisateurs habituels.

On pourrait il est vrai, avec M. Rosenbusch, attribuer la série du Koswinsky aux différenciations subséquentes d'un magma péridotique, produit lui-même par la segmentation du magma primitif universel; mais ce n'est point là une explication. Il faudrait tout d'abord démontrer l'existence de ce magma primitif uniforme et connaître les causes qui le poussent à se différencier, ici en un magma péridotique, là

en un autre magma déterminé ; puis il faudrait encore établir les causes des différenciations de ce magma péridotique.

M. Michel-Lévy a proposé pour expliquer l'origine de la différenciation une hypothèse qui fait intervenir comme agent principal la circulation des minéralisateurs fluides sous pression à une haute température. Pour lui, le magma fluide profond constitue ce qu'il appelle le bouton de fer impur ; celui-ci est entouré d'une scorie ferro-magnésienne universelle, qui est en fusion, et qui correspond assez par sa composition précisément au magma péridotique. M. Michel-Lévy fait en effet très judicieusement observer que les roches éruptives, qui sont en quelque sorte l'expression directe de cette scorie ferro-magnésienne, ont pu être en grande *partie reproduites par voie ignée*. Le bouton de fer profond émet des produits de rochage, et ceci d'une manière continue, sous forme d'alcalis, d'alumine et de silice, qui sont aussitôt mis en mouvement et entraînés par les fluides minéralisateurs. Ces derniers contribuent d'abord à enrichir en silice, en alumine et en alcalis la scorie ferro-magnésienne jusqu'à un point de saturation déterminé, puis l'excédent des alcalis, de la silice et de l'alumine sont entraînés au loin dans les fentes et dans l'écorce, pour y produire le phénomène du métamorphisme (roches cristallophylliennes, gneiss granulitiques, etc.). Les mouvements de l'écorce seront la cause déterminante de l'ascension du magma primitivement situé sous une ride infratellurique, et selon que la montée est plus ou moins rapide, la composition de ce magma variera. Cette composition pourra changer d'ailleurs en cours d'ascension plus ou moins lente, soit par des réactions qui s'effectuent chemin faisant, soit par une résorption plus ou moins complète des salbandes. La différenciation finale du magma de composition déterminée ainsi produit et amené dans l'écorce par ascension en un réservoir moins profond qu'une ride infratellurique, va, toujours à la suite de la circulation des minéralisateurs, continuer à s'effectuer ; les produits alcalins et siliceux croissent au sommet, les produits ferro-magnésiens à la base, et l'ordre de venue sera donc conforme à la majorité des cas observés, c'est-à-dire suivant l'acidité décroissante.

Cette hypothèse présente en tout cas le réel avantage de faire comprendre les causes de la formation locale de magmas de composition variée ; elle peut aider à concevoir dans ses grandes lignes générales le problème de la différenciation, mais il faut convenir qu'elle ne nous explique guère les particularités observées dans la succession.

Au Koswinsky, la cause première de tous les phénomènes a été évidemment la localisation en profondeur en cet endroit d'un magma hyperbasique, pauvre en minéralisateurs ; on peut à la rigueur concevoir que cette localisation se soit produite suivant le mécanisme indiqué par M. Michel-Lévy, mais nous devons recon-

naître que cette explication est insuffisante. Quant aux causes de la différenciation subséquente de ce magma en termes basiques relativement aussi voisins les uns des autres que ceux que nous avons observés, les données expérimentales nous manquent absolument pour élucider la question.

CHAPITRE IX

La zone des quartzites et conglomérats.

§ 1. Considérations générales relatives à la zone des quartzites et conglomérats. — § 2. Description et étude pétrographique des formations de la zone des quartzites et conglomérats. § 3. Le Mont Soukhoï. — § 4. La montagne du Tscherdynsky. — § 5. Le Mont Ostry. — § 6. Résumé et tectonique relatifs à la partie nord de la zone des quartzites, du Touloum au Soukhoï.

§ 1. *Considérations générales relatives à la zone des quartzites et conglomérats.*

Les massifs éruptifs du Koswinsky-Katéchersky-Tilaï percent, comme nous l'avons vu précédemment, au milieu d'une vaste région formée par des roches communément attribuées aux schistes cristallins métamorphiques, et développées à l'est comme à l'ouest de la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques. Sur la feuille Perm de la carte géologique $^1/_{500000}$, cette zone, très large, arrive vers l'ouest en contact avec la grande bande de dévonien inférieur de la Koswa, et sa bordure occidentale reste à quelques kilomètres de la rive gauche de cette rivière, entre Troïtsk et Verkh-Koswa. Une longue bande de dévonien moyen flanqué de dévonien inférieur interrompt l'uniformité de cette zone cristalline ; ce dévonien apparaît au nord dans le voisinage des sources de la rivière Tépil, il se continue

jusqu'au confluent de cette rivière avec la Koswa, et se poursuit plus au sud jusqu'à la rivière Ouswa qui l'entaille transversalement près de son extrémité. C'est à cette bande dévonienne que nous avons donné le nom de zone synclinale de Tépil. La feuille Perm se termine au nord un peu avant la cluse de la Koswa, et ne figure que la partie sud de la zone synclinale en question ; la partie nord se trouve sur la feuille Tscherdyn-Solikamsk due à M. Krotow. Ce dernier subdivise la grande région des schistes cristallins en deux zones distinctes : la première, celle de l'est, s'arrête à la bordure orientale de la zone dévonienne de Tépil, elle est formée par des schistes cristallins proprement dits ; la seconde, celle de l'ouest, comprend toutes les formations qui s'étendent de la limite occidentale de la zone synclinale de Tépil jusqu'à la zone du dévonien inférieur de la Koswa. Elle est formée de quartzites et de conglomérats quartzeux infradévoniens, flanqués à l'est comme à l'ouest de schistes cristallins détritiques analogues à ceux de la zone orientale. M. Krotow considère ces quartzites et conglomérats comme inférieurs aux schistes cristallins, et assimile la grande zone dont il s'agit à une immense voûte dont le cœur serait formé par les quartzites et les flancs par les schistes cristallins. Cette zone est coupée transversalement par la Koswa à la cluse de Touloum, puis se termine au Soukhoï, à 30 verstes environ plus au nord. Au delà du Soukhoï les quartzites et conglomérats cessent sur la carte de M. Krotow pour faire place au dévonien inférieur, cependant ces mêmes conglomérats réapparaissent beaucoup plus au nord et bien au delà des sources de Tépil, pour former une chaîne très étendue, dont l'orientation est toute différente. Cette chaîne, appelée Kwarkouche, ne semble pas être la réapparition septentrionale de celle qui se termine au Soukhoï ; sur la carte elle passe à l'est de la bande synclinale de Tépil, et constitue donc une zone de quartzites plus orientale que celle du Soukhoï, et située plus au nord.

En 1901 et surtout en 1902 nous avons parcouru cette région fort étendue à partir d'une ligne passant à peu près à 20 kilomètres au sud de Troïtsk, jusqu'à Soukhoï ; les explorations que nous y avons faites sont nombreuses, tous les sommets ont été successivement visités, et lorsque le sol était masqué par la végétation, nous avons eu recours à des puits pour en connaître la véritable nature. En 1904 nous avons visité toute la région qui fait suite au Soukhoï vers le nord, jusqu'à l'extrémité septentrionale de la chaîne de Kwarkouche ; il n'est pas un ravin, pas une éminence de cette vaste contrée que nous n'ayons examinés ; nous avons parcouru également la grande dépression qui fait suite au synclinal de Tépil vers le nord, et qui est délimitée à l'est par une haute chaîne faisant ligne de partage des eaux asiatiques et européennes et appelée Poyassovoï-Kamen, et à l'ouest par la chaîne de Kwarkouche. Ces différentes explorations nous ont permis d'établir que la zone des quartzites et conglo-

mérats ne cesse pas au Soukhoï, mais qu'elle se continue directement jusqu'à l'extrémité de Kwarkouche sans interruptions; toutefois pour le moment, nous commencerons notre étude de cette zone avec le Soukhoï, et nous parlerons de sa continuation au nord de cette montagne à propos de l'étude et de la description de la région synclinale de Tépil.

De Troïtsk au Soukhoï, la zone des quartzites et conglomérats forme une région montagneuse et élevée, qui contraste fortement avec celle des schistes cristallins qui vient à l'est, ou des rides du dévonien inférieur qui viennent à l'ouest; les montagnes de quartzites s'élèvent généralement au-dessus de la limite de végétation et forment des dômes pelés et isolés comme le Rastessky-Kamen par exemple, ou des crêtes rocheuses, arides et élevées, comme la chaîne de l'Aslianka. L'altitude maxima de ces montagnes ne dépasse pas 1100 mètres en chiffre rond, les sommets les plus élevés sont dans la partie sud de la zone, qui se continue d'ailleurs de ce côté fort au delà de la limite de nos investigations; les hautes montagnes appelées Bacéguy, que l'on voit dans la direction du sud depuis le sommet de l'Aslianka, appartiennent en effet à la zone en question.

En allant du nord vers le sud, la première montagne rencontrée qui fait partie de la bande des quartzites et conglomérats est le Soukhoï, petit môle isolé qui s'élève au milieu d'une région plus basse et boisée qui l'environne. Puis viennent plus au sud les montagnes du Tscherdynsky et de l'Ostry, la première reliée au Soukhoï par une longue crête rocheuse qui paraît en être topographiquement la continuation, la seconde qui semble former une ride locale plus occidentale.

Les pentes de la base de l'Ostry dominent la rive droite de la Koswa et du défilé de Touloum; cette montagne paraît trouver sa continuation directe au Dikar, sur la rive gauche, tandis que le Tscherdynsky lui-même trouve la sienne dans l'arête boisée qui vient plus à l'est et qui s'appelle Philichina Tschelma.

Au sud du Dikar vient le Domaschny-Kamen; puis la zone s'élargissant, on voit apparaître une série de rides comprenant, de l'ouest à l'est, la montagne de Boyarskaya, le Rastessky-Kamen, le Chaloupniak et le Zabalotnoe.

Enfin, plus au sud encore, on aperçoit la grande chaîne de l'Aslianka qui, vue de la route de Kizel à Troïtsk, se dresse à l'horizon comme une longue barre rocheuse, orientée à peu près nord sud. Elle est suivie vers l'est d'un petit môle isolé, l'Adinoky, et de plusieurs longues rides boisées avec pitons rocheux locaux, rides qui sont séparées par des vallées plus ou moins larges et profondes, généralement marécageuses.

De nombreux cours d'eau presque tous tributaires de la Koswa s'amorcent sur la bordure ouest et même à l'intérieur de cette zone; quelques-uns l'entament pro-

fondément sur toute ou presque toute sa largeur et coulent dans des vallées transversales boisées et marécageuses, qui créent une solution de continuité dans les chaînes. Tel est le cas par exemple pour la grande Aslianka, qui sépare l'extrémité nord de la chaîne du même nom des rides qui viennent plus au nord, puis aussi pour la rivière Ouswa, qui, entre l'Aslianka et les Bacéguy, coupe obliquement la zone sur toute sa largeur.

Les formes topographiques des montagnes de quartzites sont assez monotones: ce sont comme nous l'avons dit de longues chaînes nues arides et uniformes, avec leurs sommets à peine accusés; d'autres fois ces montagnes sont isolées comme le Soukhoï, le Tscherdynsky ou l'Ostry. La disposition de cette dernière est particulièrement curieuse; l'Ostry est en effet une espèce de plateau rocheux, soudé vers l'ouest à une crête aiguë qui s'élève au-dessus d'une région dont la hauteur est parfaitement uniforme. La forme si curieuse de ce sommet est absolument banale dans les montagnes qui viennent au nord des sources de Tépil: elle résulte en effet de l'érosion qui a donné naissance à la formation des hautes terrasses que nous avons trouvées développées dans l'Oural du Nord partout où l'altitude du sol est suffisante, et où surtout sa nature pétrographique a permis leur conservation. En effet, en 1902 déjà, nous avions constaté que selon le point d'où on les regarde, les divers sommets et contreforts de la chaîne de l'Aslianka paraissent formés par une succession de gradins étagés à des niveaux déterminés; cette disposition est encore plus frappante lorsqu'on examine les Bacéguy depuis l'Aslianka, et la forme même des sommets de ces montagnes évoque immédiatement l'idée d'anciennes terrasses. Mais tout cela n'est rien à côté du spectacle qu'offre la haute chaîne de quartzites qui vient au nord des sources de Tépil et qu'on appelle Poyassovoï-Kamen. D'un bout à l'autre elle est découpée par d'innombrables terrasses qui lui communiquent une forme si régulière et un aspect si bizarre, qu'on dirait à distance avoir devant soi un gigantesque rempart construit par la main de l'homme. La forme typique du sommet de l'Ostry est absolument banale et résulte simplement de la présence d'une crête rocheuse encore debout, qui domine le plateau érodé d'une terrasse. Sur le Kwarkouche nous avons à maintes reprises observé des formes topographiques analogues, et plus on avance vers le nord, plus le phénomène des terrasses paraît être général et imposant; nous parlerons d'ailleurs de ces curieuses formations avec tout le détail qu'elles comportent dans un autre ouvrage.

De toute façon c'est principalement sur les chaînes de quartzites et de conglomérats que les terrasses se sont le mieux conservées; elles existent bien à la vérité sur des montagnes formées d'autres roches, notamment de roches éruptives, mais elles sont incomparablement moins bien conservées et partant contribuent moins

fortement à communiquer à la topographie le cachet spécial dont nous avons parlé.

§ 2. *Description et étude pétrographique des formations de la zone des quartzites et conglomérats.*

Les formations pétrographiques qui participent à la zone des quartzites se répartissent comme suit en :

1° Conglomérats quartzeux.

2° Quartzites franches.

3° Quartzites plus ou moins micacées passant aux schistes micacés détritiques.

4° Schistes quartziteux détritiques, chloriteux ou séricitiques.

Ces quatre types pétrographiques comportent de très nombreuses variétés dont nous examinerons les principales.

CONGLOMÉRATS QUARTZEUX

Ils sont très uniformes, et présentent les mêmes caractères non seulement sur toute la zone que nous allons étudier, mais encore beaucoup plus au nord, sur certaines crêtes rocheuses qui viennent à l'ouest de la chaîne de Kwarkouche. Les bancs de conglomérats sont généralement peu épais et varient de 0,50 à 1,25 mètre, rarement plus; ils sont formés par des galets de quartz d'un blanc laiteux, réunis par un ciment siliceux dont la couleur est généralement violacée ou d'autres fois grisâtre ou jaunâtre. Les galets sont de la dimension d'une noisette à celle de la tête, mais généralement plutôt petits; ils sont très solidement enchâssés dans le ciment et font corps avec lui. La proportion de galets par rapport au ciment varie, parfois ils sont très abondants, d'autres fois très disséminés dans celui-ci. Souvent ces conglomérats sont schisteux, les galets sont alors étirés en lentilles et alignés parallèlement.

Nous avons examiné au microscope bon nombre de ces conglomérats, leurs caractères sont absolument identiques. Les galets apparaissent comme formés par des plages de quartz à contour irrégulier, diversement orientées. Ces plages sont criblées d'inclusions liquides et présentent fréquemment des extinctions onduleuses. Très souvent ces galets accusent d'énergiques pressions dynamiques postérieures à la formation du conglomérat; sur les spécimens où les galets sont très petits, on voit ceux-ci étirés comme les phénocristaux de certains quartz-porphyres des

Alpes; parfois on observe sur les galets des cassures minces avec glissements et brèches microscopiques le long des plans de séparation, d'autres fois encore les galets sont totalement écrasés et transformés en rubans parallèles formés par une mosaïque de quartz.

Le ciment est constitué par des arènes quartzeuses, dont les minuscules galets, aux contours arrondis, sont soudés entre eux par une masse quartzeuse à éléments très petits et souvent mal individualisés, articulés les uns dans les autres. Par places ce ciment renferme des rubans froissés d'une biotite profondément altérée et rubéfiée par les actions secondaires; dans les variétés de couleur violette, il est saturé d'éléments ferrugineux, formant des amas irréguliers, ou par places le ciment lui-même.

QUARTZITES FRANCHES

Ces roches généralement très compactes et très dures, sont d'une grande uniformité. Elles sont de couleur blanche ou grisâtre (voir même noirâtre comme au Dikar), à grain plutôt fin, très compact et saccharoïdes. Les bancs lités sont parfois assez épais, souvent aussi assez minces.

La structure microscopique de ces roches est invariable comme nous avons pu nous en convaincre par l'examen de spécimens différents provenant de l'Aslianka, du Dikar, ou encore du Rastessky-Kamen. La roche est entièrement composée de grains de quartz à contour irrégulier et dentelé, généralement légèrement allongés suivant une direction, et pressés les uns contre les autres sans ciment intermédiaire.

Au contact immédiat des grains de quartz, on observe généralement quelques petites esquilles mêlées à une ou deux paillettes de séricite incolore. Cette structure est absolument banale, elle se rencontre également chez les quartzites du carbonifère ou du dévonien.

QUARTZITES MICACÉES

Celles-ci sont fort différentes des quartzites précédentes, et présentent au contraire des structures fort variées. Au point de vue microscopique, elles se rattachent évidemment étroitement aux schistes détritiques supérieurs, mais sur le terrain elles appartiennent plutôt aux quartzites franches avec lesquelles elles alternent ou auxquelles elles passent latéralement. Vu la variété des types qui rentrent dans cette subdivision, nous décrirons à titre d'exemple quelques-uns seulement des spécimens étudiés les plus intéressants :

N° 3101. Quartzite provenant du sommet de l'Aslianka.

Roche blanche ou grisâtre, finement grenue, compacte, paraissant peu micacée. Au microscope cette roche est formée par des tout petits galets arrondis de quartz de beaucoup plus petite dimension que ceux des quartzites précédentes, dispersés dans une masse à structure très fine et à éléments orientés. Les petits galets à extinctions franches sont exclusivement quartzeux, leurs grands axes sont alignés parallèlement, leur contour est généralement dentelé, souvent le galet passe insensiblement à la masse principale comme cela peut s'observer dans les roches recristallisées. On trouve aussi çà et là quelques rares grains de zircon brunâtre, puis de la tourmaline uniaxe, négative et polychroïque, avec n_g = noir brunâtre n_p = presque incolore.

La masse qui réunit les galets est en grande partie formée par des rubans d'un minéral séricitique, en lamelles alignées parallèlement et moulant les grains de quartz. En lumière naturelle cette séricite est légèrement brunâtre, de biréfringence = 0,03 ; elle paraît alliée à un peu d'une matière siliceuse, mal individualisée et faiblement biréfringente.

N° 3153. Sommet du Tscherdynsky.

Cette roche ressemble passablement au n° 3101, elle est comme lui formée de petits galets de quartz disséminés dans une masse principale à structure parallèle. Les galets sont corrodés sur les bords; la masse principale pénètre dans les anfractuosités de leur contour comme on l'observe chez certaines roches recristallisées du houiller des Alpes.

La masse principale présente une structure rubannée parallèle, dans laquelle on distingue des plissottements qui sont plus ou moins perpendiculaires au contour des galets. Elle est formée par des lamelles séricitiques légèrement brunâtres, réunies à des petits grains de quartz. Il existe passablement d'éléments opaques, argileux ou ferrugineux, qui soulignent la disposition parallèle des éléments : puis un peu d'hématite.

N° 85. Quartzite provenant du sommet du Rastessky-Kamen.

Cette quartzite est fort différente de celles qui précèdent : elle est formée de petits galets de quartz disséminés dans une masse quartzeuse également, mais à éléments beaucoup plus petits. Les galets sont de la taille des grains des quartzites franches, leur contour est sinueux et dentelé mais toujours de forme vaguement arrondie. A côté du quartz, on trouve quelques rares galets d'un feldspath très

acide mâclé selon l'albite, qui est une albite-oligoclase, puis quelques grains arrondis de tourmaline brune.

La masse quartzeuse qui réunit les galets est formée de petits grains polyédriques de quartz, associés à de l'hématite abondante, de nombreux et petits grains et rhomboèdres de calcite, puis quelques lamelles d'une jolie chlorite polychroïque, mêlée à un peu de séricite incolore, et disposées en rubans.

La roche est entièrement cristallisée, elle passe aux ochistes cristallins détritiques.

N° 89. Quartzite du sommet du Rastessky-Kamen.

Cet échantillon qui sur le terrain ressemble aux quartzites compactes, mais qui renferme passablement d'éléments micacés, est absolument analogue à certains schistes réputés cristallins de nos Alpes, notamment à certaines variétés des schistes de Casanna.

Les galets de quartz plus rares que dans le n° 85, sont disséminés dans une masse grenue et quartzeuse à plus petits éléments, qui, outre des grains polyédriques de quartz, renferme en grande quantité des petites lamelles de chlorite vert pâle alignées en rubans polylamellaires, et toujours associées à des lamelles de séricite.

N° 1155. Quartzite provenant du sommet du Stchoutchy.

Elle est formée comme les précédentes de petits galets de quartz, disséminés dans une masse très finement grenue formée de petits grains polyédriques du même élément. Parmi les grains de quartz, on trouve çà et là quelques éléments ferrugineux opaques, puis quelques grains de zicon et deux ou trois lamelles de mica blanc.

La structure est nettement parallèle.

SCHISTES QUARTZITEUX DÉTRITIQUES SUPÉRIEURS

Ils présentent également une très grande variété de types, et se rattachent par leur structure incontestablement aux roches précédentes. Sur le terrain cependant le facies est différent, les schistes détritiques sont toujours beaucoup plus schisteux et beaucoup plus chloriteux et séricitiques que les quartzites micacées; souvent ils paraissent absolument identiques aux roches de la zone cristalline de l'est, et ne s'en distinguent pas plus macroscopiquement que sous le microscope. Fréquemment ces schistes sont glandulaires; la glandule est alors un galet primitif

étiré et écrasé. Nous donnerons ici la description de quelques variétés récoltées en place et parfaitement repérées sur le terrain.

N° 88. Quartzite récoltée au-dessus de Chaloupniak.

Cette roche est une forme de passage aux schistes chloriteux. Elle est formée par des petits grains de quartz polyédrique, réunis à des lamelles chloriteuses verdâtres, assez polychroïques, et peu biréfringentes. Les lamelles s'éteignent à O du clivage $p = (001)$, donnent une croix noire uniaxe négative, elles sont mêlées à d'autres lamelles brunâtres, peu polychroïques et plus biréfringentes, que nous tenons pour de la séricite. La chlorite *est en quantité presque égale* au quartz. Parmi les éléments de la masse on trouve aussi quelques gros grains de magnétite, puis une fine poussière de grains d'oligiste.

N° 2180. Quartzite provenant de la cluse de Touloum, au Sloudky.

Roche formée par des petits galets arrondis de quartz, à contour dentelé, couchés dans le plan de la schistosité. La masse principale dans laquelle ces galets sont dispersés, mord pour ainsi dire dans leur contour. Elle est formée de petits grains de quartz avec filaments d'un élément séricitique, le tout aligné parallèlement à la schistosité. Dans cette masse on trouve de nombreux grains de calcite, quelques rares débris de tourmaline, et un peu de sphène. Parmi les galets, il faut mentionner quelques grains de plagioclase très acide (Ab_4An_1).

N° 2184. Quartzite prise au Dikarsky-Log, sur la rive gauche de la Koswa.

Ce spécimen est un véritable schiste détritique glandulaire, formé par des rubans alternants de quartz et de séricite, moulant des lentilles dont l'origine n'est pas douteuse. Sous le microscope en effet ces lentilles sont formées par des grandes plages de quartz à extinctions onduleuses, dont le contour dentelé est jalonné d'esquilles; ce sont d'anciens galets écrasés et étirés par dynamo-métamorphisme. Les rubans de quartz sont formés par l'association de petits grains polyédriques formant mosaïque, ils résultent peut-être d'un écrasement plus complet de certains galets. Quant aux rubans micacés, ils proviennent de l'association d'une chlorite prédominante avec des lamelles plus biréfringentes de séricite et un peu de quartz. Les lamelles sont toujours très froissées et contournées.

SUCCESSION OBSERVÉE DANS LES DIFFÉRENTES FORMATIONS

L'ordre de la succession des différents types pétrographiques que nous venons

d'indiquer est souvent difficile à établir par le fait que fréquemment la tectonique est indécise faute de documents suffisants, et que les observations paraissent contradictoires.

Cependant, d'après ce que nous avons pu voir au Touloum, comme aussi à l'Aslianka, au Tscherdynsky et surtout au Kwarkouche, on peut affirmer que les quartzites et conglomérats sont à la base, tandis que les schistes détritiques sont au sommet de la formation : ce sont là des résultats absolument conformes aux vues de M. Krotow dont nous nous plaisons à reconnaître toute la justesse.

Quant à la position des quartzites vis-à-vis des conglomérats, voici ce que nous avons pu observer : certaines montagnes sont exclusivement formées de conglomérats quartzeux, d'autres de quartzites : souvent aussi les deux formations alternent en bancs plus ou moins minces sur une certaine étendue ou au contraire d'une façon toute locale. Il existe des chaines très considérables où les conglomérats n'apparaissent pas, tel est le cas pour l'Aslianka ; et pour la grande chaine des Poyassowoï au nord des sources du Tépil ; les conglomérats paraissent d'ailleurs relativement rares par rapport aux quartzites et jouent un rôle plus effacé dans la composition du sol. En ce qui concerne les quartzites elles-mêmes, on remarque bien souvent que les quartzites franches alternent à plusieurs reprises avec d'autres plus micacées qui appartiennent très certainement au même horizon. Tel est le cas par exemple à l'Aslianka où les quartzites franches du n° 3104 alternent avec les variétés toutes différentes représentées par le n° 3101 ; ou encore au Rastessky-Kamen, où le type du n° 85 alterne avec celui du n° 89. Sur le terrain, la confusion de ces quartzites micacées avec les schistes quartziteux détritiques n'est jamais possible.

§ 3. *Le Mont Soukhoï.*

C'est, comme nous l'avons dit, le sommet le plus septentrional de la zone des quartzites et conglomérats qui sur la carte de M. Krotow finit à quelques verstes plus au nord ; c'est aussi là que la dite zone présente sa largeur minima. Le sommet du Soukhoï se trouve en ligne directe à 6 ou 7 kilomètres environ de la rive droite de Tépil, depuis l'embouchure de Plitowataïa qui en est un affluent : sa forme élancée et son isolement au milieu de la région boisée et faiblement inclinée qui l'environne, le font reconnaître de très loin. Ce sommet cote 820 mètres d'après une détermination barométrique faite par un beau temps et ramenée à la base de Sosnowka.

Pour gagner le Soukhoï, il suffit de cheminer directement vers l'ouest depuis l'embouchure de Plitowataïa; on suit alors un profil naturel qui passe par le sommet de la montagne. A l'embouchure même de la rivière, on voit affleurer les dolomies noires et bitumineuses du D^2 du synclinal de Tépil en couches presque horizontales; à partir de là, la forêt couvrant le sol, il n'existe plus d'affleurements visibles, aussi avons-nous fait exécuter trois puits, le premier à une verste de la rive, le second à une verste du premier et le troisième à une verste plus loin vers l'ouest. Ces trois puits furent poussés jusqu'à la profondeur de quatre mètres sans rencontrer autre chose que de la terre argileuse avec des fragments anguleux de quartzites et conglomérats et sans atteindre le bed-rock. Il est évident toutefois que celui-ci est formé par les roches en question; les dolomies s'arrêtent donc à une faible distance à l'ouest de l'embouchure de Plitovataïa, et les quartzites et conglomérats commencent immédiatement pour ne plus cesser jusqu'au Soukhoï lui-même. En effet, à partir du troisième puits, on trouve dans la forêt sous les arbres déracinés exclusivement des cailloux anguleux de conglomérats, sans rencontrer nulle part d'affleurement en place. La pente sur quelques kilomètres est d'abord très douce, puis elle augmente brusquement et l'on gravit alors le versant oriental du Soukhoï formé par un cahos de gros blocs anguleux constitués exclusivement par des conglomérats à galets de quartz blanc, avec ciment quartzeux violacé: en même temps la végétation devient de plus en plus rare jusqu'au sommet où l'on trouve la roche en place. Celle-ci affleure suivant une crête dont la longueur mesure une centaine de mètres environ. Les couches y courent exactement nord-sud et plongent vers l'est de 30 à 38°. Le flanc occidental de la montagne est couvert par les éboulis, et nulle part on ne peut y voir d'affleurement; il est évident cependant que le Soukhoï forme un pli déjeté vers l'ouest; sans doute rompu et peut être faillé de ce côté. Il est d'ailleurs très difficile de savoir si à l'est comme à l'ouest de cet anticlinal, il existe d'autres plis parallèles dans la même zone, plis qui auraient été rasés par l'érosion; il manque en effet les affleurements nécessaires pour se prononcer. Cependant ce fait, pour des considérations inhérentes à la topographie, est peu vraisemblable, et il est plus probable qu'au Soukhoï la zone des quartzites et conglomérats *forme une voûte unique*, très plate, qui se redresse seulement vers le sommet de la clef de voûte, et qui est probablement rompue sur le flanc occidental.

Depuis le sommet du Soukhoï on peut faire les différentes observations suivantes: Vers le nord, la crête qui forme la montagne s'abaisse rapidement jusqu'à une dépression transversale occupée par les sources de la rivière Rossomachnaïa qui coule sur le versant oriental de la montagne. Au sud, un large col boisé plus ou moins accidenté, sépare le Soukhoï du Tscherdynsky qui en est distant à peu près de

Fig. 17. — Vue générale du Tscherdynsky-Kamen depuis l'Ostry
A gauche le petit cône du Soukhoi

Fig. 18. — Plissement des couches au sommet du Tscherdynsky montrant la disposition en anticlinal déjeté.

8 kilomètres, et qui forme un massif beaucoup plus large, réuni au Soukhoï par une longue arête boisée, sur laquelle le roc affleure à maintes reprises au milieu des sapins qui la couvrent. Vers l'ouest enfin, le flanc est abrupt, et le Soukhoï forme de ce côté une véritable barre rocheuse.

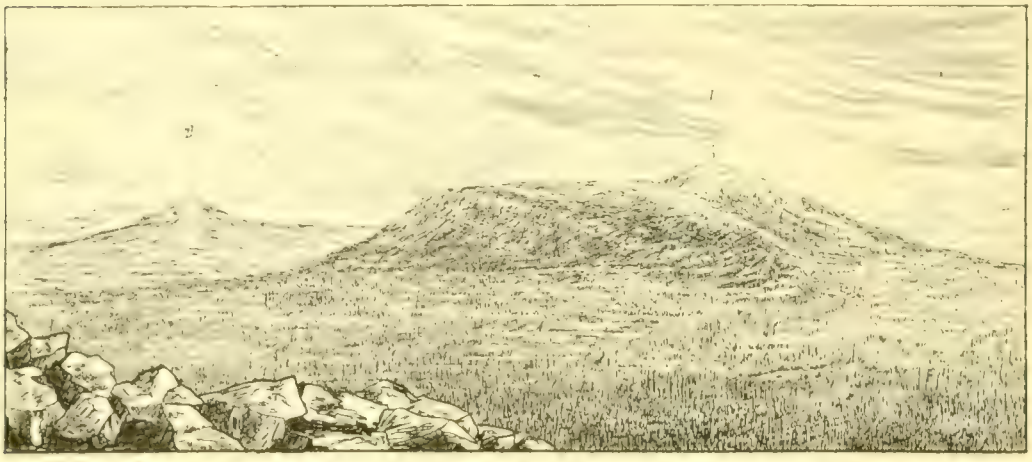
§ 1. *La montagne du Tscherdynsky.*

Nous avons gagné la montagne du Tscherdynsky en partant du col qui la sépare du Soukhoï, et en suivant la longue arête boisée dont il vient d'être question.

La rivière Lomovaïa, contrairement aux indications des différentes cartes que nous avons eues, prend sa source derrière le Soukhoï, passe par le dit col, et coule alors vers l'est jusqu'à sa jonction avec Tépil. Sur la carte de M. Krotow, le cours de cette rivière est tout entier compris dans les formations dévoniennes du D^1 et du D^2 du synclinal de Tépil. Or nous avons remonté la rivière Lomowaïa de son embouchure à sa source: les dolomies noires et grenues du D^2 affleurent comme à Plitowataïa à une faible distance de l'embouchure, mais elles disparaissent le long du cours de la rivière; les rives sont au contraire plates et marécageuses, et nulle part on ne voit d'affleurements sauf en un point où l'on peut observer quelques gros blocs de quartzites et conglomérats qui paraissent provenir d'un banc démantelé sur place. D'autre part deux puits faits successivement à une et deux verstes de l'embouchure de la dite rivière n'ont rencontré que de l'argile avec des fragments de quartzites et conglomérats jusqu'à la profondeur de 6 mètres. Il est donc probable que là aussi, les dolomies de D^2 s'arrêtent à une faible distance de la rive gauche de Tépil, qu'il n'existe pas de dévonien inférieur, et que les quartzites et conglomérats arrivent jusqu'à la rivière ou à peu près.

Après avoir traversé le col de Lomowaïa, nous avons passé sur le flanc oriental de l'arête, puis avons cheminé parallèlement à celle-ci jusqu'au moment où la végétation devient plus rare et permet de voir la nature du sol. Sur les nombreux pointements de roche en place que nous avons rencontrés, nous avons toujours trouvé des alternances réitérées de quartzites compactes blanches et de conglomérats cristallins de couleur grisâtre et à petits éléments. Les plongements des couches relevés en plusieurs endroits attestent que cette arête forme un anticlinal relativement plat et légèrement déjeté vers l'ouest. Lorsqu'on suit cette arête jusqu'à son extrémité sud, on n'arrive pas sur le sommet du Tscherdynsky, mais on passe à quelques mètres à l'ouest et au-dessous. Le sommet même du Tscherdynsky cote

1038 mètres d'après deux déterminations barométriques que nous avons faites à trois jours de distance; il est formé également par des bancs de quartzites et de conglomérats à petits éléments, qui sont plissés manifestement en anticlinal déjeté vers l'ouest. On voit en effet sur le flanc est du Tscherdynsky les bancs de quartzites plongeant vers l'est, au sommet même ces bans s'incurvent, forment plusieurs ondulations qui sont la charnière anticlinale conservée, puis retombent vers l'ouest. Il ne peut y avoir ici aucun doute sur l'existence de ce premier pli; on peut constater aussi qu'il est suivi d'un second, qui passe plus à l'ouest, et qui n'est autre



Vue du Tscherdynsky-Kamen depuis l'Ostry.
I = Tscherdynsky-Kamen. — II = Soukhoï-Kamen. Le dessin montre la crête qui unit les deux montagnes et la conséquence des deux plis du Tscherdynsky au point de vue de la topographie.

chose que la crête rocheuse que nous avions longée depuis le Soukhoï. Le très petit synclinal qui sépare ces deux anticlinaux est assez plat et mesure à peine 500 mètres de largeur: c'est sur lui qu'on arrive quand on suit l'arête boisée depuis le Soukhoï. L'existence de gendarmes restés à la surface de ce synclinal et sur lesquels on peut voir encore la disposition des couches, ainsi que la retombée manifeste de celles-ci sur le flanc ouest de la montagne, ne laissent aucun doute sur l'existence de ce second anticlinal. Il résulte donc de ce qui vient d'être dit, que le Tscherdynsky-Kamen est en somme une grande voûte remarquablement plate de quartzites et conglomérats, qui se dédouble en deux plis secondaires; l'un, celui de l'ouest, correspond à l'anticlinal du Soukhoï et coïncide avec celui formé par la crête rocheuse qui relie le Tscherdynsky à cette montagne; l'autre, plus à l'est, forme le Tscherdynsky lui-même.

Fig. 19 – Retombée des couches au flanc ouest du Tscherdynsky
A droite la silhouette de l'Ostry

Depuis le sommet du Tscherdynsky, on voit nettement que l'Ostry vient au SO, et que par conséquent il n'en est pas le prolongement immédiat. En effet, entre l'Ostry et le Tscherdynsky, il existe une dépression qui cote environ 760 mètres. La première idée qui vient quand on voit l'Ostry depuis le sommet du Tscherdynsky est que ce dernier forme un pli local plus occidental, qui s'atténue très rapidement, et disparaît sans laisser de traces du côté du nord; nous allons voir que cette idée se justifie.

§ 5. *Le Mont Ostry.*

Pour gagner le plus avantageusement possible l'Ostry depuis la dépression indiquée, il faut tourner cette montagne et l'aborder par son flanc NE. On arrive tout d'abord de la sorte sur l'épaule qui cote 951 mètres et qui précède le sommet principal. Il existe sur cette épaule quelques gros rochers ruiniformes en place sur lesquels on

Vue de l'Ostry depuis le Tscherdynsky.

peut parfaitement observer la disposition des couches de conglomérats qui forment la montagne. Celles-ci sont presque horizontales ou plongent faiblement alternativement vers l'est ou vers l'ouest. De l'épaule au sommet, on chemine sur des éboulis, mais au sommet même qui cote 1040 mètres, on observe la roche en place, formée exclusivement ici par des conglomérats quartzeux à ciment violacé, dont les bancs dirigés presque rigoureusement NS, plongent de 45° vers l'ouest. Il n'y a donc aucun doute également que l'Ostry forme un pli plus occidental que le Tscherdynsky-Kamen, déjeté comme lui vers l'ouest, et compliqué d'un petit repli secondaire dont

on trouve les restes sur l'épaule. M. Krotow voyant à une certaine distance les couches du Tscherdynsky-Kamen et de l'Ostry plonger vers l'est pour la première, et vers l'ouest pour la seconde de ces deux montagnes, avait pensé que celles-ci formaient les deux parties d'une même voûte rompue, dont le cœur aurait alors coïncidé avec la dépression qui les sépare. Cette idée vient immédiatement à l'esprit lorsqu'on voit le Tscherdynsky et l'Ostry de profil, depuis le Dikar par exemple: les couches du Tscherdynsky paraissent, en effet, devoir se raccorder avec celles de l'Ostry, mais un examen plus approfondi fait au cours de l'ascension des deux montagnes permet de se convaincre qu'il n'en est pas ainsi et qu'il y a réellement deux anticlinaux distincts, séparés par une dépression synclinale. Il ne faut cependant

Vue des anticlinaux au nord de la Kosva depuis le Dikar :
I = Tscherdynsky-Kamen. — II = Ostry-Kamen. — III = Soukhoï-Kamen

pas exagérer l'importance de ces anticlinaux, et si l'on prend en considération la grande largeur de la zone des quartzites et conglomérats, ces anticlinaux peuvent être assimilés sans doute à des ondulations secondaires dans une immense voûte très plate, constituée par les dites formations.

Du sommet de l'Ostry comme aussi de celui du Tscherdynsky, on peut faire l'observation importante qui suit : Les arêtes rocheuses qui prolongent ces deux montagnes vers le nord et qui arrivent jusque sur la Koswa à la cluse de Touloum, s'abaissent brusquement au voisinage de la rivière. Les couches de quartzites et de conglomérats gardent la même orientation, et il est aisé de voir que ces arêtes rocheuses sont la continuation des plis de l'Ostry et du Tscherdynsky qui s'affaissent manifestement suivant l'axe de la Koswa. Ceci explique pourquoi sur les pentes qui dominent la rive droite de cette rivière, on ne trouve pas d'autres formations que

celles qui affleurent au sommet même de ces deux montagnes; avec la différence de niveau de 700 mètres environ, qui existe entre le cours de la Koswa et le sommet de l'Ostry, les couches auraient dû être entamées sur une grande épaisseur par la cluse, et si les plis ne s'abaissaient pas suivant l'axe de cette cluse, l'on devrait nécessairement voir affleurer des niveaux très inférieurs aux quartzites et conglomérats, ce qui n'est pas le cas.

La dépression synclinale entre l'Ostry et le Tscherdynsky est boisée et l'on y voit aucun affleurement. Pour savoir si elle était comblée par des formations supérieures aux quartzites, nous avons fait exécuter trois puits distants chacun d'un kilomètre, le premier étant sur l'axe même de la dépression, les autres plus à l'ouest. Le premier puits, après avoir traversé une couche d'argile assez épaisse, a rencontré le bed-rock formé par des alternances de schistes verdâtres quartziteux qui appartiennent incontestablement aux types des schistes détritiques supérieurs; les autres puits ne sont pas arrivés jusqu'au bed-rock, mais les cailloux mêlés à l'agile étaient de composition analogue.

§ 6. *Résumé et tectonique relatifs à la partie nord de la zone des quartzites, du Touloum au Soukhoï.*

Les observations consignées dans les paragraphes qui précèdent peuvent, pour l'intelligence des faits qui-suivent, être résumées de la façon suivante :

1° La zone des quartzites s'avance beaucoup plus loin vers l'est que la feuille Tscherdyn-Solikamsk ne le figure; au Soukhoï, sa largeur est plus considérable, et nulle part du Soukhoï au Tscherdynsky, on ne voit la zone en question suivie vers l'est de formations appartenant au dévonien inférieur et qui viendraient s'intercaler entre les quartzites et les dolomies du D^2. Celles-ci paraissent être très réduites sur la rive droite de Tépil, du moins dans le voisinage de l'embouchure des rivières Lomowaïa et Plitowataïa.

2° Les quartzites et conglomérats forment au Soukhoï un pli unique, déjeté et rompu sur son flanc occidental; cet anticlinal du Soukhoï, toujours déjeté, mais non rompu, se continue jusqu'au Tscherdynsky-Kamen, et plus au nord, jusqu'au voisinage de la Koswa. Le Tscherdynsky lui-même est formé par deux anticlinaux déjetés; le premier, le plus occidental, est la continuation de l'anticlinal du Soukhoï; le second, plus oriental, forme le sommet principal; un petit synclinal de 500 mètres au plus, sépare ces deux anticlinaux.

3° L'Ostry forme un troisième anticlinal qui vient à l'ouest de celui du Soukhoï-Tscherdynsky, et qui est déjeté comme les autres. Ce troisième anticlinal se poursuit vers le sud jusque sur la Koswa, tandis qu'il cesse assez rapidement vers le nord. Le synclinal qui forme la dépression séparant l'Ostry du Tscherdynsky est occupé par des formations appartenant aux horizons supérieurs aux quartzites. La zone des quartzites paraît donc s'élargir vers le sud, ce qui entraîne l'apparition de plusieurs rides parallèles, anticlinales et synclinales, qui se succèdent de l'est vers l'ouest, puis celle de termes supérieurs aux quartzites qui comblent les synclinaux.

4° Les plis du Tscherdynsky et de l'Ostry au voisinage de la cluse de la Koswa paraissent s'affaisser dans l'axe même de cette cluse.

CHAPITRE X

La zone des quartzites et conglomérats (suite).

§ 1. Le Dikar et les montagnes qui viennent à l'est. — § 2. La cluse de la Koswa et les rapides de Touloum. — § 3. La montagne de Domaschny-Kamen. — § 4. La montagne de Boyarskaya, le Rastessky-Kamen et la crête de Chaloupniak. — § 5. La montagne de l'Aslianka. — § 6. La montagne de l'Adinoky. — § 7. La grande dépression qui vient à l'est de l'Adinoky. — § 8. Les ouvals qui viennent à l'est de l'Aslianka. — § 9. Résumé général relatif à la tectonique et à la stratigraphie de la zone des quartzites et conglomérats.

§ 1. *Le Dikar et les montagnes qui viennent à l'est.*

Le Dikar se trouve comme nous l'avons dit sur la rive gauche de la Koswa, et sur le prolongement sud de l'Ostry. Pour en atteindre le sommet, on suit d'abord pendant deux ou trois verstes le chemin qui va de Verkh-Koswa à Rastess en traversant les schistes noirs de la zone du dévonien

inférieur de la Koswa qui flanquent le Dikar du côté de l'ouest, puis on prend un sentier qui, à travers la forêt, mène au sommet principal par le flanc oriental de la montagne. Celle-ci est complètement boisée, à l'exception du piton principal formé par un cailloutis couvert de lichens, avec quelques affleurements de roche en place. La hauteur du Dikar déterminée au baromètre est de 776 mètres; les affleurements rocheux du sommet sont formés par des quartzites noirâtres, dirigées nord-sud et plongeant vers l'est de 60°. Sur le flanc occidental par contre, on ne trouve pas d'affleurements permettant de juger s'il y a retombée des couches, mais il est plus que probable qu'il en est cependant ainsi et que le Dikar forme une voûte fortement déjetée vers

Vue générale du Dikar depuis l'Ostry.
I = Sommet du Dikar. Sur la gauche la crête de Philichina-Tschelma.

l'ouest et peut-être rompue près du sommet. Vers le nord, le sommet principal se continue par une crête qui, de même que celle de l'Ostry, s'abaisse au voisinage de la Koswa; depuis cette crête on voit parfaitement que le Dikar et l'Ostry forment une seule et même ride affaissée suivant l'axe de la Koswa, qui paraît alors couler manifestement dans une ancienne vallée, créée par l'existence d'un synclinal orthogonal sur la direction générale des plis: nous en reparlerons d'ailleurs à propos du Touloum. Au sommet du Dikar, il n'existe pas trace de conglomérats analogues à ceux de l'Ostry; les quartzites mêmes sont différentes de celles du Tscherdynsky. Une vallée boisée assez large et appelée Dikarsky-Log, dont la pente générale se trouve du côté de la Koswa, sépare le Dikar d'un ouwal, boisé également, qui vient à trois ou quatre kilomètres environ plus à l'est, et que les gens de Verkh-Koswa nomment Philichina-Tschelma;

c'est l'extrémité nord de cet ouwal qui est entaillée par la Koswa à l'endroit appelé Sloudky, en donnant naissance aux rapides que nous appellerons « supérieurs » de Touloum, par opposition aux rapides dits « inférieurs » développés à l'endroit où la rivière coupe le prolongement septentrional du Dikar. Ces rapides inférieurs se trouvent à trois ou quatre verstes de ceux qui viennent plus en amont, ce sont les premiers que l'on rencontre lorsqu'on remonte la Koswa depuis Verkh-Koswa. Dans le Dikarsky-Log, il existe vers le sud un petit repli de terrain qui s'efface rapidement en allant du côté du nord, et disparaît complètement. Nous avons traversé la dépression du Dikarsky-Log que nous avons parcourue en tous sens; la région est excessivement marécageuse, et il n'existe malheureusement pas d'affleurements; cependant sous les arbres déracinés, on trouve d'abord, sur le versant ouest de la vallée et à une faible distance du Dikar, des débris de conglomérats quartzeux, puis plus bas, dans la vallée elle-même et sur le versant oriental de Philichina-Tschelma, des débris de schistes quartziteux verdâtres du niveau supérieur. En montant jusque sur la crête de Philichina-Tschelma, au point où celle-ci présente son élévation maxima qui ne dépasse pas 630 mètres, on trouve toujours les mêmes roches qui forment alors sur la crête une série de petits affleurements, mais si l'on passe sur le versant oriental de celle-ci, on rencontre à une faible distance de la crête et nettement au-dessous des schistes quartziteux grisâtres, des quartzites blanches et saccharoïdes analogues à celles du Tscherdynsky; schistes et quartzites plongent vers l'ouest sous des angles variant de 70 à 80°.

Nous avons suivi la crête de Philichina-Tschelma sur toute sa longueur, jusqu'à son extrémité nord qui forme les rochers abrupts qui dominent le Sloudky. Nous avons trouvé constamment sur cette crête des schistes quartziteux grisâtres ou verdâtres, souvent gauffrés et froissés, renfermant des lits ou des lentilles de quartzites blanches imprégnées de sidérose. Au Sloudky, les grands rochers qui affleurent au milieu des sapins à 100 mètres environ au-dessus de la Koswa et qui sont formés des mêmes roches, sont dirigés NNO-SSE et plongent de 70° vers l'ouest, ces roches sont à la cote 430 m.

Quand depuis Philichina-Tschelma on regarde vers l'est, on remarque un nouvel ouwal boisé appelé Kamenky-Ouwal, qui en est séparé par une vallée; c'est dans celle-ci que coule la rivière Kamenka. Nous avons remonté la rivière Kamenka dominée par les pentes du flanc ouest de Kamenky-Ouwal qui sont assez rapides. Sur ces pentes nous avons trouvé en montant de l'ouest à l'est :

1° Schistes quartziteux à lentilles de quartzites imprégnées de sidérose.

2° Schistes verts quartziteux à petits galets de quartzite.

3° Quartzites schisteuses grisâtres très laminés sur le sommet du Kamenky Ouwal.

La direction de ces couches est nord-sud, leur plongement se fait vers l'ouest, les couches sont assez redressées. Il est donc évident que vu leur plongement et leur succession, les roches du flanc occidental du Kamenky forment le flanc ouest d'un anticlinal qui suivrait celui de Philichina, tandis que Kamenka coulerait NE-SO obliquement dans un synclinal compris entre ces anticlinaux. Il ne nous a pas été possible de voir des affleurements à la base du flanc oriental de Philichina-Tchelma, mais il est probable qu'il y a retour sur ce flanc des couches du Kamenky avec plongement inverse, car un peu plus bas que l'embouchure de Kamenka, on trouve, sur la Koswa, un affleurement de quartzites plongeant est 45°. Il est plus que vraisemblable que la dépression synclinale de Kamenka renferme également des schistes noirs du D^1 plaqués sur les schistes quartziteux, car les alluvions de cette rivière contiennent des débris de schistes noirs, nous ne les avons cependant pas vus en place. La successsion observée sur le flanc ouest du Kamenky est confirmée par les affleurements relevés sur la Koswa; toutefois là, sous les schistes verts quartziteux, affleurent des quartzites inférieures sur une certaine étendue en blocs dans la rivière: cela n'a rien d'anormal d'ailleurs, si comme nous le pensons, Kamenky forme un anticlinal forcément érodé profondément par la Koswa, qui a ainsi mis au jour les formations plus inférieures qui n'affleurent pas sur la crête.

Philichina-Tschelma comme le Dikarsky-Log, suivent la loi générale indiquée: ils s'abaissent au voisinage de la Koswa. De toute façon, l'exposé qui précède montre que le Dikar, Philichina-Tschelma et Kamenky, forment trois anticlinaux parallèles de schistes quartziteux et de quartzites, espacés par deux synclinaux, celui du Dikarsky-Log et de Kamenka; l'examen du profil naturel donné par l'entaille de la Koswa aux rapides de Touloum va nous permettre de compléter les observations faites au Dikar et sur les ouwals qui lui succèdent du côté de l'est.

§ 2. *La cluse de la Koswa et les rapides de Touloum.*

Lorsqu'on descend la Koswa en aval de son confluent avec Tépil, on trouve principalement sur la rive gauche, une série d'affleurements qui se succèdent de la façon suivante: A une verste environ en aval du dit confluent, on rencontre tout d'abord un petit pointement de diabases, à partir duquel on entre dans la cluse proprement dite.

La rivière coule au début vers le sud-ouest, en contournant la base du Kamenky-Ouwal. Le premier affleurement que l'on rencontre est alors formé par des conglomérats quartzeux, surmontés par des quartzites schisteuses verdâtres.

qui plongent de 65 à 70° vers l'ouest, et qui forment le flanc occidental du Kamenky.

Dans cette région, la cluse est d'abord orientée sud-ouest, et entaille obliquement les formations[1]; puis elle tourne, devient presque nord-sud, et orientée alors parallèlement à celles-ci jusqu'à l'embouchure de la rivière Kamenka. En aval du confluent de cette rivière, on observe tout d'abord un affleurement de quartzites plongeant vers l'est, puis on pénètre dans le Touloum proprement dit après un coude de la Koswa vers l'ouest où celle-ci coupe à nouveau obliquement les formations. Au Touloum, les blocs des rapides sont formés de quartzites et de conglomérats quartzeux, ces mêmes roches que l'on voit en place sur la rive gauche, supportent des schistes quartziteux et séricitiques de couleur verdâtre, très froissés et très redressés, suivis à l'ouest de quartzites schisteuses vertes et rosées, toujours très redressées et plongeant vers l'ouest; ce sont les mêmes formations qui affleurent sur la crête et au flanc ouest de Philichina, ainsi qu'aux rochers qui dominent le Sloudky, mais où cependant les conglomérats, termes inférieurs, n'apparaissent pas.

A cet endroit, la cluse suit tout d'abord parallèlement les formations sur une certaine longueur, puis elle tourne à nouveau vers le sud-ouest en coupant pour la troisième fois obliquement les strates. On observe alors après les quartzites schisteuses, des *schistes noirs;* d'abord calcaires puis charbonneux avec plongement ouest 7°. Plus en aval, les schistes sont de nouveau calcaires et suivis alors par des quartzites verdâtres, plongeant cette fois vers l'est, accompagnées par des schistes quartziteux verdâtres à lentilles et galets de quartzites blanches imprégnées de sidérose, qui présentent le même plongement. En continuant à descendre, on trouve, toujours sur la rive gauche, des schistes quartziteux et séricitiques de couleur verdâtre contenant des nodules de quartz violacé, ces schistes plongent encore vers l'est; ils sont suivis par un conglomérat à cailloux de quartz qui termine la série, car à partir du point où celui-ci peut être observé, les affleurements cessent sur la rive gauche, mais réapparaissent un peu plus loin sur la rive droite, sous forme de bancs démantelés de quartzites grisâtres, qui, d'après leur position, paraissent se raccorder avec ceux des mêmes roches dont on voit les éboulis sur le flanc du Dikar qui domine la Koswa. Plus bas sur la rivière les affleurements cessent sur les deux rives, mais sur les berges et dans son lit, on trouve des quartzites grisâtres et compactes, dont les blocs sont probablement produits par un démantellement sur place. A l'endroit où la direction de la cluse change de nouveau pour devenir à peu près

[1] Pour ne pas commettre d'erreur, faute d'une bonne carte, nous avons dû, dans la cluse, relever le cours de la Koswa à la boussole en marquant les affleurements les uns après les autres.

Fig. 21. — L'Ostry et le Tscherdynsky vus depuis le sommet du Dikar. Sur la droite on voit la silhouette du Stchoutchy

Fig. 22. — La cluse de la Koswa et le Toulouim, vus depuis les rochers du Slondky, sur la rive gauche

nord-sud, les quartzites vertes à nodules de quartz violacé plongeant ouest 70 réapparaissent, puis à une faible distance de là on trouve alors les schistes noirs et charbonneux du D^1, avec intercalations de bancs de quartzites de couleur foncée.

Ces observations se raccordent parfaitement avec celles consignées dans le paragraphe précédent ; de l'ouest vers l'est, les plis se succèdent donc de la façon suivante :

1° Anticlinal du Dikar.

2° Synclinal de Dikarsky-Log.

3° Anticlinal de Philichina-Tschelma-Sloudky.

4° Synclinal de la rivière Kamenka.

5° Anticlinal de Kamenky.

La stratigraphie suivante se déduit de cette tectonique.

1° A la base : quartzites et conglomérats.

2° Quartzites schisteuses verdâtres avec nodules de quartz violacé.

3° Schistes quartziteux et séricitiques avec grosses lentilles de quartzites blanches imprégnées de sidérose.

4° Schistes quartziteux ou mieux quartzites schisteuses vertes et rosées.

5° Schistes noirs d'apparence phylliteuse.

Le N° 5 appartient probablement au dévonien inférieur qui forme donc sur la Koswa le cœur du synclinal du Dikarsky-Log comme celui de Kamenka, le N° 6 forme une zone transitoire entre les formations détritiques supérieures et la zone du dévonien inférieur de la Koswa: les autres termes appartiennent entièrement à la zone des quartzites. Il est à remarquer que le synclinal du Dikarsky-Log est complet, les différentes formations se retrouvent symétriquement par rapport aux schistes noirs, à l'ouest comme à l'est, avec des plongements contraires.

La différence observée entre le profil donné par la cluse de la Koswa et celui relevé par la crête du Dikar et de Philichina-Tschelma, provient simplement de la profondeur même de la cluse qui a érodé les anticlinaux jusqu'à leur noyau composé de quartzites et conglomérats. En tout cas les plis aigus et comprimés du Dikar, de Philichina et de Kamenky, contrastent avec les voûtes régulières de l'Ostry et du Tscherdynsky qui en sont évidemment le prolongement sur la rive droite de la Koswa. De plus, il doit sans doute y avoir étirement sur le flanc occidental du Dikar, où les quartzites schisteuses supérieures, si bien développées dans le synclinal du Dikarsky-Log, sont excessivement réduites, de sorte que les schistes noirs du Dikar viennent presque directement en contact avec les quartzites inférieures. Au Dikar correspondrait l'Ostry, et aux deux plis du Tscherdynsky probablement les deux anticlinaux plus orientaux, qui s'écarteraient fortement l'un de l'autre

en donnant naissance au synclinal de Kamenka. Chose curieuse, l'anticlinal de Philichina est déjeté vers l'est, les quartzites en effet apparaissent sous la crête et sous les quartzites schisteuses, au flanc oriental de l'Ouwal, avec un plongement qui est nettement vers l'ouest. Quant à l'anticlinal de Kamenky, les renseignements manquent sur la disposition qu'affecte son jambage oriental, et sur la nature du contact des formations de la zone des quartzites avec celles du dévonien de Tépil; il n'a en effet pas été possible de retrouver le retour anticlinal des couches de quartzites des horizons supérieurs plongeant cette fois vers l'est, de sorte que l'on ne sait pas si ce contact est normal ou se fait par dislocation. Enfin, l'existence de schistes noirs du D^1 au cœur du synclinal du Dikarsky-Log, sur la Koswa, c'est-à-dire au point le plus bas de ce synclinal, alors que ces mêmes schistes manquent dans les parties plus élevées de ce dernier, est encore une preuve à l'appui de l'affaissement général des plis de la région dans l'axe de la cluse de la Koswa, qui de la sorte coulerait dans une ancienne vallée résultant de l'existence d'un synclinal orthogonal sur la direction générale des plis.

§ 3. *La montagne de Domaschny-Kamen.*

Le Domaschny-Kamen fait suite au Dikar vers le sud-est, il est malheureusement couvert par la végétation, de sorte que les observations que l'on peut y faire sont nulles ou à peu près. Nous avons cependant fait exécuter une batterie de puits espacés les uns des autres de 500 mètres à 1 kilomètre, et disposés selon un profil orienté est-ouest.

Malheureusement bon nombre de ces puits n'ont pu être achevés par suite des marécages, et les observations que nous possédons sont trop incomplètes pour permettre de tirer une conclusion. Tout ce qu'il est permis de dire, c'est que plusieurs de nos puits ont rencontré soit des quartzites schisteuses vertes et rosées, soit des quartzites compactes avec conglomérats quartzeux, soit des schistes quartziteux grisâtres avec lentilles quartzeuses imprégnées de sidérose. Il est donc probable que les plis indiqués ci-dessus se continuent plus au sud avec des caractères analogues.

§ 4. *La montagne de Boyarskaya, le Rastessky-Kamen et la crête de Chaloupniak.*

Pour élucider la constitution de la zone des quartzites et conglomérats au sud du Domaschny-Kamen, nous avons, partant de l'embouchure de la rivière Balchaïa-

Boyarskaya, marché directement de l'ouest vers l'est, en suivant un profil passant par les points culminants des rides traversées. Cette expédition qui dura plusieurs jours, nous permit de relever un à un tous les affleurements rencontrés, puis de compléter l'insuffisance des observations directes par des puits destinés à faire connaître la nature du sous-sol. Nous avons remonté tout d'abord la rivière Boyarskaya en suivant sa rive droite; tout près de l'embouchure, on trouve un beau pointement de diabases grenus, puis plus loin, cette rive droite est formée par une colline assez élevée et à pentes rapides, sur laquelle on voit d'abord affleurer un conglomérat à cailloux de quartzites, puis des schistes quartziteux séricitiques gris-clair dirigés nord-sud et plongeant ouest 65°. A partir de là, on traverse la rivière pour gagner ensuite un large plateau qui forme la base de la montagne de Boyarskaya. Sous des arbres déracinés, comme aussi dans un puits fait en cet endroit, on constate la présence de schistes quartziteux verdâtres à nodules de quartzite, ainsi que des blocs de quartzites blanchâtres dont la provenance n'a pu être déterminée, mais qui sont probablement intercalés dans les schistes quartziteux dont ils représentent un niveau inférieur. La montagne de Boyarskaya surgit brusquement au-dessus de ce plateau, les pentes en sont très rapides; on y trouve çà et là quelques affleurements de schistes quartziteux verdâtres dirigés nord-sud et plongeant est 80° environ. Le sommet de la montagne qui est boisé cote 693 mètres, il est couvert d'une végétation rabougrie et on y rencontre les mêmes schistes. A l'est, depuis Boyarskaya, on aperçoit le Rastessky-Kamen qui paraît se trouver sur le prolongement nord de l'Aslianka avec lequel il se raccorde au moyen d'une longue crête plus élevée que les montagnes du voisinage.

La montagne de Boyarskaya est séparée du Rastessky-Kamen par une large dépression, dans laquelle se trouvent deux collines dont les crêtes sont sensiblement dirigées nord-sud. Entre la première de ces collines et la montagne de Boyarskaya coule la rivière du même nom, puis dans la dépression comprise entre les deux collines se trouve un affluent de la petite Aslianka; enfin le vallon situé entre la plus orientale des deux collines et le Rastessky-Kamen est occupé par la rivière Malaïa-Aslianka. Ces deux collines sont couvertes par la forêt, cependant grâce aux puits faits à plusieurs reprises, comme aussi aux cailloux trouvés sous les arbres renversés, on peut affirmer qu'elles sont constituées par des quartzites schisteuses verdâtres formant le sommet de la zone des quartzites ou la base de D^1. Sur la crête de la première colline, on trouve un affleurement sur lequel on voit que les couches sont dirigées nord-sud avec plongement vers l'est. La pente orientale de la seconde colline est rapide, en descendant on rencontre un gros filon de diabase, puis au-delà les affleurements cessent jusqu'à la rivière Malaïa-Aslianka, et la région devient plate

et marécageuse ; çà et là cependant on trouve quelque gros bloc arrondi, toujours formé par les quartzites ou par les diabases. Sur la rive gauche de la petite Aslianka, on remarque un bel affleurement de schistes argileux brun verdâtre, dirigés nord 20° ouest, et plongeant de 50° vers l'est. A partir de ce point, la pente se relève rapidement jusqu'à une sorte de plateau au milieu duquel s'élève le dos d'âne qui forme le sommet du Rastessky-Kamen. Celui-ci cote 819 mètres (cote barométrique corrigée). C'est une sorte de dos d'âne de forme elliptique et régulière, émergeant au milieu de régions plus basses et relativement plates qui l'environnent. Il est formé de quartzites blanches, plus ou moins micacées et schisteuses, dirigées nord-nord-ouest et plongeant *vers l'ouest de 70° à 80°* ; ce plongement est parfaitement net, nous avons pu le constater sur plusieurs points grâce à un incendie qui détruisit complètement la végétation qui couvrait le sommet.

Vers l'est, le Rastessky-Kamen s'abaisse brusquement et se raccorde avec un plateau qui forme la ligne de partage entre les rivières Soukaïa-Kyria et Aslianka-Kyrinskaïa.

Ce plateau est lui-même limité vers l'est par la crête du Zabolotnoé, qui se continue du côté nord par la montagne de Chaloupniak avec laquelle Zabolotnoé est relié par une arête boisée. Entre la montagne de Chaloupniak et le Rastessky-Kamen, il existe une petite arête rocheuse relativement basse, qui est formée de bancs de quartzites blanches et compactes plissés en forme de voûte anticlinale; ces quartzites sont traversées par un puissant dyke de diabase grenu, qui au contact même devient aphanitique.

Le sommet de la montagne de Chaloupniak est rocheux, on peut y observer plusieurs beaux pointements de quartzites blanches et compactes plongeant vers l'ouest de 70° à 80°. Ils forment dans la forêt peu dense qui couvre la crête de cette montagne plusieurs pitons d'une trentaine de mètres de hauteur, qui sont disposés suivant une ligne nord-sud. A l'ouest de ces pitons on en rencontre d'autres plus petits, de quelques mètres de hauteur seulement, constitués par des schistes verts quartziteux à nodules de quartzite qui s'appuient donc évidemment sur les quartzites compactes, et plongent de 50° à 60°.

On ne peut poursuivre la coupe à l'est de Chaloupniak jusqu'à la rivière Kyria à cause d'une zone marécageuse qui s'étend entre Chaloupniak et cette rivière. A trois ou quatre verstes au nord de Rastess, on trouve dans la forêt des pointements de quartzites blanches absolument semblables à celles que l'on rencontre à Chaloupniak, et qui sont dirigées nord 30° ouest, avec plongement à l'ouest de 70° à 80° environ.

Il est difficile de déduire une tectonique de la région sur les documents fournis

par les observations qui précèdent; il est cependant évident que la montagne de Boyarskaya forme un premier anticlinal, dont le cœur serait représenté par des quartzites compactes, tandis que les flancs seraient formés par des schistes quartziteux à nodules de quartzite.

Cet anticlinal est déjeté vers l'ouest et flanqué de ce côté par des conglomérates gréseux et des schistes noirs du D^1. Vers l'est, cet anticlinal est suivi selon toute vraisemblance d'un synclinal formé par les quartzites schisteuses verdâtres et rosées, occupant immédiatement la dépression qui suit la montagne de Boyarskaya vers l'est.

Ces mêmes quartzites se retrouvent sur les deux collines indiquées sans qu'il soit possible d'établir exactement leurs rapports avec celles du synclinal; cependant sur la seconde, ces formations plongent vers l'est comme nous l'avons vu; il est donc vraisemblable que ces deux collines forment les deux jambages d'un anticlinal de schistes quartziteux, faisant suite vers l'est au synclinal indiqué. Cet anticlinal est suivi d'un grand synclinal délimité entre la plus orientale des deux collines et le Rastessky-Kamen; ce synclinal est occupé par les quartzites schisteuses vertes supérieures, surmontées à leur tour par des schistes argileux brunâtres qui appartiennent sans doute au D^1.

Le Rastessky-Kamen forme évidemment un troisième anticlinal constitué par les quartzites blanches et compactes inférieures; le flanc occidental de cet anticlinal est normal, le flanc oriental par contre subit très probablement une dislocation, localisée entre la montagne de Chaloupniak et la petite arête dont il a été question plus haut. En effet, les couches de quartzites compactes, en bancs presque horizontaux ou légèrement incurvés, qui forment le noyau anticlinal de la voûte, sont immédiatement suivies par des quartzites schisteuses verdâtres, avec lesquelles elles sont certainement en contact anormal.

L'arête de Chaloupniak où l'on retrouve les quartzites compactes plongeant ouest sous les quartzites schisteuses, est sans doute le flanc occidental d'un quatrième anticlinal venant à l'est du Rastessky-Kamen. Toutes les observations que nous avons pu faire laissent supposer que cet anticlinal est disloqué, et qu'en cet endroit les quartzites entrent en contact anormal avec le dévonien moyen du synclinal de Tépil qui leur fait suite vers l'est. En effet, il n'est guère possible d'expliquer autrement que par une faille, la présence de bancs de quartzite qui représentent le niveau inférieur de la formation et qui plongent vers l'ouest, à une distance relativement faible du dévonien moyen du synclinal de Tépil lequel plonge vers l'est. Cette observation laisserait également supposer que cette dislocation se continue jusqu'à l'anticlinal de Kamenky, où nous n'avons pas observé

comme nous l'avons déjà dit, le retour des couches du jambage oriental de l'anticlinal.

On peut encore ajouter à ceci l'observation suivante qui vient, à notre avis, corroborer l'existence de la dislocation en question : Sur le cours de la rivière Kyria, à 4 verstes environ de Rastess, on trouve à une faible distance de la rive gauche de la rivière *un petit affleurement de quartzites blanches micacées* très froissées, qui s'étend sur une longueur de 100 à 110 mètres, et *sur lequel les couches plongent vers l'ouest* de 50° à 60°, tandis qu'à deux verstes en aval de Rastess on voit affleurer sur la rive droite de Kyria un grand rocher de 10 à 12 mètres de hauteur, formé de calcaires dolomitiques cristallins gris-bleuâtre, plongeant est de 50° à 60°. Cet affleurement se continue plus loin sur plus d'une verste, avec un plongement toujours identique.

§ 5. *La montagne de l'Aslianka.*

La chaîne de l'Aslianka mesure environ une dizaine de kilomètres, on peut la qualifier de chaîne des quartzites, car d'un bout à l'autre elle est formée par des quartzites compactes. Au sud, elle est entamée par une large coupure transversale qui donne passage à la rivière Ouswa, et qui constitue une grande vallée qui la sépare des monts Bacéguy qui paraissent en être la continuation directe. Au nord, une autre large vallée transversale occupée par la rivière B. Aslianka, sépare également l'Aslianka du Rastessky-Kamen qui en est certainement le prolongement septentrional.

Les parties culminantes de la chaîne en occupent à peu près le centre, ou sont rejetées du côté nord, il existe plusieurs sommets distincts (quatre au moins), formés par des petits dômes qui s'élèvent au-dessus d'une arête pelée et chauve dont la hauteur est très uniforme. Sommets et arêtes sont couverts de blocs anguleux de quartzites, et forment un vaste clapier désert ; çà et là cependant on peut observer des affleurements formés par la roche en place.

La hauteur du sommet principal de l'Aslianka atteint 1141 mètres d'après nos déterminations barométriques ramenées à la base de Troïtsk. A l'Aslianka, la limite de la végétation oscille entre 800 et 840 mètres, à partir de 750 mètres déjà, les essences sont rabougries.

Le flanc est de la chaîne est considérablement plus abrupt que le flanc ouest, sur celui-ci la pente est douce, et l'accès de la montagne est facile de ce côté.

Fig. [illegible] — [illegible] Astranka

Fig. [illegible] — Vue du flanc est [illegible] de l'Astranka depuis [illegible]

Depuis le sommet de l'Aslianka, on peut faire plusieurs observations importantes au point de vue topographique, nous les résumerons comme suit :

1° La chaîne dans son ensemble est orientée à peu près nord-sud ou faiblement NE-SO; vers le nord, elle s'abaisse rapidement par gradins successifs à partir du du dernier sommet jusqu'à la dépression de la rivière Aslianka. Avec une bonne boussole à pinules on peut préciser que l'extrémité sud du Rastessky-Kamen s'aligne exactement sur l'Aslianka. Du côté sud au contraire la chaîne rocheuse de l'Aslianka se prolonge en une longue arête boisée.

2° Vers l'ouest, sur presque toute sa longueur, la chaîne de l'Aslianka est flanquée d'un contrefort rocheux et boisé qui la sépare de la Koswa. Entre ce contrefort et l'Aslianka, il existe une large vallée boisée, dans laquelle s'amorcent plusieurs rivières tributaires de la Koswa (Lomowaya, Osamka, Vogoulka, etc.). Ces rivières coupent ensuite en écharpe le contrefort en question pour se jeter dans la grande artère.

3° Du côté de l'est, la chaîne de l'Aslianka est suivie par une large dépression boisée et très marécageuse, à en juger par les nombreuses taches d'un vert clair formées par les hautes herbes développées sur les endroits plus particulièrement humides. Cette dépression est limitée à l'est par une ride continue, qui forme un ouwal couvert par la forêt; de distance en distance cette forêt est interrompue par quelques pointements rocheux que l'on distingue de fort loin.

Cet ouwal qui ne porte pas de nom spécial, se trouve à une huitaine de kilomètres environ à l'est de la chaîne de l'Aslianka; dans la grande dépression comprise entre ces deux montagnes, un peu au sud du sommet principal de l'Aslianka et à deux ou trois kilomètres environ en distance horizontale, on voit surgir un petit dôme rocheux et pelé, de forme elliptique, dont le grand axe est plus ou moins parallèle à la chaîne de l'Aslianka ou fait avec celle-ci un petit angle. Ce dôme s'appelle Adinoky, il cote d'après plusieurs déterminations barométriques que nous avons faites à plusieurs jours de distance, 901 mètres; il forme un accident tout à fait local dans la dépression indiquée, et disparaît rapidement comme tel. L'Adinoky est séparé de l'Aslianka par une petite vallée boisée et marécageuse, dont l'altitude est de 770 mètres environ au point le plus élevé, la dépression qui fait suite à l'Adinoky vers l'est est sensiblement plus basse, elle cote en effet 700 mètres seulement.

Nous avons parcouru la chaîne de l'Aslianka en tous sens, dans une première excursion nous avons gagné le sommet principal depuis la Koswa en traversant l'extrémité nord du contrefort rocheux qui sépare l'Aslianka de cette rivière, et qui s'appelle Osamky-Ouwal; puis dans une autre course nous sommes arrivés sur la

chaîne par le sommet le plus méridional, après avoir suivi depuis la Koswa un profil orienté ouest-est et passant par le point culminant d'Osamky-Ouwal. Nous avons campé durant plusieurs jours dans la dépression séparant l'Aslianka de l'Adinoky, ce qui nous a permis de faire de nombreuses courses sur les deux flancs de ces montagnes; toutes les observations que nous avons pu faire sont d'une concordance parfaite et se laissent résumer comme suit : *La chaîne de l'Aslianka dans son ensemble forme une grande voûte de quartzites inférieures; le pli est constamment déjeté vers l'ouest et affecte une parfaite uniformité d'allure d'un bout à l'autre de la chaîne.*

Pour le démontrer, nous allons résumer nos principales observations. Lorsque partant de Troïtsk on gagne l'Aslianka par l'Osamky-Ouwal, on trouve tout d'abord sur la rive gauche de la Koswa une région plate et marécageuse, formée par les anciennes alluvions de la rivière. Puis on aborde les premières pentes du flanc occidental de l'Osamky-Ouwal. On n'y trouve à la vérité pas de roche en place, mais sous les arbres renversés les fragments de chistes noirs du D^1 ne sont pas rares. Un peu plus haut, on voit apparaître des quartzites grises, également dévoniennes, qui se continuent jusqu'à la crête de l'ouwal; le plongement de ces quartzites se fait vers l'est sous un angle voisin de 75°.

Après avoir traversé Lomowaya, on commence à monter doucement sur le flanc ouest de l'Aslianka. La pente est très faible, et déjà à une petite distance du lit de Lomowaya, on trouve dans la forêt des cailloux anguleux de quartzites blanches appartenant au niveau inférieur. Il n'existe pas d'affleurements, de sorte qu'il n'est pas possible de voir le contact des quartzites schisteuses avec celles du niveau inférieur. En continuant à monter en marchant directement vers l'est jusqu'à la limite de végétation, on ne trouve autre chose que des pierriers formés des mêmes quartzites qui se continuent d'ailleurs jusqu'à la crête, et qui sont composés exclusivement de gros cailloutis anguleux qui couvrent tout le flanc ouest de l'Aslianka.

Près de cette crête mais toujours sur le versant ouest, on trouve de nombreux pointements rocheux qui permettent de se renseigner sur l'allure des couches. Celles-ci plongent d'abord vers l'ouest, puis plus haut ondulent faiblement et finissent par devenir horizontales; sur le versant oriental, ces mêmes couches dirigées nord-sud ou à peu près, plongent régulièrement vers l'est sous des angles de 40° à 60°. Cette disposition s'observe invariablement d'un bout à l'autre de la chaîne; nulle part on ne trouve autre chose que des quartzites compactes, très blanches et parfois légèrement micacées; les conglomérats quartzeux de l'Ostry et du Soukhoï font ici complètement défaut; à cet égard l'Aslianka offre une grande analogie avec

Fig. 25. — Plissement des couches au sommet de l'Ashanka.

Fig. 26. — L'Adunoka, flanc ouest, vue prise depuis l'Ashanka.

la chaîne septentrionale des Poyassovoï-Kamen. L'Aslianka forme donc bien une voûte très régulière de quartzites, qui est déjetée vers l'ouest, et qui présente partout le même caractère.

Comme la vallée de la Balchaïa-Aslianka est à un niveau très inférieur à celui du sommet de la montagne du même nom, l'extrémité septentrionale de cette chaîne a donc été entamée très profondément et on est en droit de supposer qu'il y a quelque chance de rencontrer en cet endroit des roches appartenant à un niveau inférieur aux quartzites.

Il n'en est rien en réalité et ceci probablement par suite d'une disposition analogue à celle que nous avons indiquée au Touloum. En effet, en suivant la crête de l'éperon rocheux qui prolonge la chaîne de l'Aslianka vers le nord, on peut se convaincre que le pli qui forme cette chaîne s'abaisse graduellement à l'approche de la rivière Aslianka et paraît plonger en profondeur.

D'autre part, il paraît en être de même pour la crête qui prolonge le Rastessky-Kamen vers le sud. Il y a donc selon toute vraisemblance ici encore un ancien synclinal orthogonal, aujourd'hui occupé par la rivière Balchaïa-Aslianka.

§ 6. *La montagne de l'Adinoky.*

L'Adinoky est entièrement formé de quartzites identiques à celles de l'Aslianka, et partout ces quartzites constituent un entassement cahotique de blocs anguleux qui couvrent toute la surface de la montagne. Au sommet cependant on trouve de petits affleurements de roche en place; ici les quartzites sont dirigées NO-SE: cette direction est par conséquent angulaire sur celle relevée à l'Aslianka, le plongement se fait vers le nord-est sous un angle de 50° environ; la direction de la montagne qui est à peu près nord 12° ouest, coïncide donc sensiblement avec celle des couches.

Il paraît évident que l'Adinoky forme un second anticlinal en boutonnière tout à fait local; cet anticlinal est sûrement déjeté vers l'ouest et très probablement faillé. Dans ces conditions, la petite vallée qui le sépare de l'Aslianka devrait être synclinale. Pour savoir ce qui en est, faute d'affleurements visibles, nous avons fait exécuter un puits assez profond dans ce synclinal. Ce puits après avoir traversé des éléments meubles, a rencontré à 6 mètres le sol en place formé par des schistes séricitiques très altérés. Dans ce puits les schistes plongeaient vers l'est, or celui-ci se trouve à peu près au milieu du synclinal. Dans ces conditions, il y a sans doute une faille longitudinale passant par l'axe de ce synclinal.

§ 7. *La grande dépression qui vient à l'est de l'Adinoky.*

Sur le flanc oriental de l'Adinoky, à l'endroit où apparaissent les premiers arbres de la forêt, on trouve encore des blocs de quartzites, mais à quelques centaines de mètres plus à l'est, on rencontre déjà des formations toute différentes, qui sont évidemment supérieures aux quartzites blanches de l'Adinoky et de l'Aslianka.

La région est marécageuse et sans affleurements, mais il y existe une série d'anciens puits faits pour rechercher des filons aurifères hypothétiques, puits dont les déblais peuvent fournir des renseignements précieux. La partie inférieure des déblais, par conséquent celle qui provient des premières couches rencontrées, est formée de schistes quartziteux verdâtres ou violacés, tandis que les déblais supérieurs renferment une espèce de brèche quartziteuse avec fragments de schistes verts ressoudés par du quartz spongieux et caverneux, le tout imprégné de limonite. On trouve parmi ces déblais de jolis cristaux de sidérose.

Comme ces puits s'avancent fort loin vers l'est dans la vallée, il est probable que ces formations occupent une grande partie de celle-ci. Nous avons d'ailleurs fait nous-mêmes une série de puits sur une ligne dirigée est-ouest et partant du pied même de l'Adinoky; ces puits ont rencontré des schistes quartziteux gris-verdâtres ou violacés, analogues à ceux extraits des anciens puits; dans le puits le plus rapproché de la base de l'Adinoky le plongement de ces schistes se fait vers l'ouest, or les quartzites inférieures qui forment cette montagne, plongent, sur son flanc oriental, vers l'est comme nous l'avons indiqué; dans ces conditions il faut nécessairement admettre que la grande vallée entre l'Adinoky et la ride plus orientale est synclinale, et occupée par des horisons supérieurs de la zone des quartzites et conglomérats *plusieurs fois replissés dans le grand synclinal.* Nous avons traversé tout le synclinal en plusieurs endroits ; jamais nous n'avons trouvé de roche en place; par contre dans l'alluvion de quelques petits ruisselets qui serpentent dans la forêt, nous avons trouvé des débris schisteux analogues aux roches rencontrées dans les puits; on peut donc en conclure que celles-ci paraissent occuper le synclinal dans sa totalité.

§ 8. *Les ouvals qui viennent à l'est de l'Aslianka.*

Nous avons gagné le premier ouval qui limite la grande dépression vers l'est après avoir traversé complètement celle-ci, et avons abordé l'arête au point ou depuis l'Aslianka, nous avions vu émerger des pitons rocheux de la forêt.

Fig. 27. — L'Adnoky (flanc ouest).

Fig. 28. — L'Adnoky (flanc est) vu depuis la grande dépression qui lui fait suite vers l'est.

Dès qu'on arrive sur le flanc occidental de l'ouwal, on trouve dans la forêt des débris de quartzites analogues à celles de l'Aslianka. Ces mêmes roches forment les pointements rocheux dont il vient d'être question. L'ouwal cote 700 mètres environ, sur les pitons rocheux, sortes de grands obélisques isolés, on peut relever la direction des couches qui est nord-sud avec *plongement de 50° à 60° vers l'ouest.* Il paraît donc évident que ces quartzites sont le retour de celles qui forment le flanc est de l'Adinoky et de l'Aslianka, et que l'*ouwal en question forme un troisième anticlinal plus oriental, déjeté en sens inverse des deux premiers.*

En effet, à une faible distance de la crête mais déjà sur le flanc oriental de l'ouwal, on trouve des affleurements de quartzite en couches presque horizontales, puis plus bas sur ce même flanc, d'autres affleurements sur lesquels le plongement est nettement est. En continuant à descendre sur le flanc oriental de cet ouwal, on ne trouve plus d'affleurements rocheux, mais seulement des quartzites en bloc anguleux qui peuvent être la roche en place, mais qui peuvent aussi être d'anciens éboulis et masquer la véritable nature de celle-ci, ce qui d'ailleurs est fort peu probable vu la faiblesse de la pente, et la distance par rapport à la crête.

A l'est de l'ouwal que nous venons d'examiner, il en existe un second tout aussi long, boisé également, et orienté comme le premier à peu près nord-sud. Une deuxième vallée sépare cet ouwal du précédent. Cette vallée est absolument couverte par la végétation, et de plus marécageuse. Pour connaître la nature du sol, nous avons été forcés de recourir à des puits qui sont descendus à près de six mètres avant de trouver la roche en place. Celle-ci est représentée par des schistes noirs, phylladéens, très argileux ou séricitiques et très schisteux, qui donnent par décomposition naissance à une boue grisâtre. Ces schistes renferment çà et là quelques galets assez gros de quartz d'un blanc laiteux. Nulle part nous n'avons rencontré de formations semblables; les schistes par leur nature ressemblent beaucoup à certains facies des schistes noirs de D^1, mais la présence de galets de quartz dans des roches de cette espèce est un phénomène absolument exceptionnel.

En tout cas ces roches sont des termes supérieurs de la série des quartzites, elles représentent déjà peut-être le D^1 auquel nous inclinerions plutôt à les rattacher; dans ces conditions la vallée en question constitue donc un second synclinal de formations plus récentes, qui est plus oriental que celui qui forme la grande vallée qui vient à l'est de l'Aslianka.

Le second ouwal se trouve lui-même à 5 ou 6 kilomètres à l'est du premier; il est moins élevé que lui et dépourvu d'affleurements de roche en place. Cependant, sous les arbres déracinés, nous avons trouvé plusieurs fois des débris de quartzites schisteuses verdâtres appartenant incontestablement à l'horizon supérieur aux quartzites

de l'Aslianka, et ressemblant beaucoup à certaines variétés du Touloum. L'absence d'affleurements empêche de tirer une conclusion relative à cet ouwal; mais il est probable qu'il forme un anticlinal de schistes quartziteux supérieurs; ce qui milite en faveur de la jeunesse relative des schistes noirs à cailloux de quartz.

A l'est de l'ouwal indiqué il existe d'autres rides, mais nous ne les avons pas explorées, de sorte que nous ne savons pas comment se termine la zone des quartzites de ce côté; cependant par suite de la faible altitude des ouwals, il est plus que vraisemblable que les quartzites blanches inférieures de l'Aslianka ne réapparaissent plus, et que c'est donc les horizons supérieurs de la zone qui arrivent en contact avec le dévonien de Tépil.

En résumant maintenant les observations faites dans les paragraphes 6, 7 et 8, on voit que les plis de la région vont de l'ouest à l'est dans l'ordre suivant :

1° Anticlinal de l'Aslianka.

2° Synclinal compris entre l'Aslianka et l'Adinoky.

3° Anticlinal de l'Adinoky.

4° Synclinal formé par la grande vallée venant à l'est de l'Aslianka.

5° Anticlinal formé par l'ouwal N° I.

6° Synclinal consécutif.

7° Anticlinal formé par l'ouwal N° II.

Ces plis sont très réguliers et présentent la particularité suivante déjà observée sur d'autres rides appartenant à la même zone à savoir que : Une partie des plis sont déjetés vers l'ouest, une autre en sens contraire vers l'est; nous insisterons dans le paragraphe suivant sur cette bizarrerie.

Tous les plis de la région de l'Aslianka sont de longues rides très continues; seul l'Adinoky fait exception, cet anticlinal est très local, car on n'en retrouve pas plus au nord qu'au sud aucun vestige quelconque dans le synclinal.

§ 9. *Résumé général relatif à la tectonique et à la stratigraphie de la zone des quartzites et conglomérats.*

Il nous paraît nécessaire pour la compréhension des chapitres suivants, de résumer aussi brièvement que possible ce qui se dégage de notre étude de la zone des quartzites et conglomérats.

1° En ce qui concerne la stratigraphie, on peut dire que, dans la région qui va du Soukhoï au nord, à l'Aslianka inclusivement au sud, l'on peut constamment distinguer deux horizons dans les formations appartenant à cette zone; l'horizon infé-

rieur est représenté par les quartzites compactes et blanches, plus ou moins micacées ainsi que par les conglomérats quartzeux; l'horizon supérieur est formé par un complexe de roches quartziteuses et schisteuses, toujours très chargées en chlorite et en séricite, qui passent aux véritables schistes cristallins détritiques.

Les conglomérats sont développés dans la partie septentrionale de la zone (Soukhoï-Ostry, etc.), ils sont beaucoup plus rares ou manquent entièrement dans la partie sud (Rastessky-Kamen-Aslianka, etc.); ces conglomérats ne sont d'ailleurs ni supérieurs ni inférieurs aux quartzites, mais alternent avec elles, les variétés transitoires sont d'ailleurs nombreuses.

Nulle part nous n'avons rencontré de formations inférieures aux quartzites, et si comme nous espérons le démontrer dans le chapitre suivant, les schistes cristallins de la zone orientale leur sont supérieurs, les quartzites et conglomérats représentent donc les plus anciennes formations de la contrée.

2° Au point de vue tectonique, la zone dans son ensemble présente une structure uniforme. Les quartzites et conglomérats forment la charpente d'une série de voûtes anticlinales qui se succèdent régulièrement de l'ouest vers l'est.

Les formations schisteuses supérieures comblent les vallées synclinales comprises entre ces anticlinaux, elles y sont souvent plissottées en ondulations secondaires. Ces schistes détritiques supérieurs sont parfois encore surmontés de schistes noirs sans doute attribuables au D^1, et concordants avec la série sous-jacente.

Dans la partie de la zone située au nord de la Koswa, tous les plis sans exception suivent la même règle générale; ils sont déjetés vers l'ouest, parfois même rompus sur leur flanc occidental; dans la partie située au sud il n'est pas de même, et tandis que l'anticlinal le plus occidental, celui qui entre en contact avec la grande bande dévonienne de la Koswa, est toujours déjeté vers l'ouest, les autres sont déjetés en sens contraire, vers l'est. Ainsi le Dikar, Boyarskaya, l'Aslianka et l'Adinoky ont le regard occidental, tandis que Philichina, Kamenky, Rastessky-Kamen, Chaloupniak, et les rides qui font suite à l'Aslianka vers l'est, sont déjetés et rompus de ce côté.

Sur la bordure occidentale, la zone des quartzites arrive en contact normal avec le dévonien inférieur, c'est tout au plus si l'on peut dire qu'il y a localement étirement d'une partie des formations sur le flanc ouest des anticlinaux; sur la bordure orientale par contre, à partir de la cluse de la Koswa, il paraît exister une dislocation qui a pour effet de supprimer le jambage est du dernier anticlinal, et d'amener en contact anormal les quartzites inférieures avec les dolomies du dévonien moyen du synclinal de Tépil.

De plus il semble que les plis les plus occidentaux qui apparaissent dans le

nord de la zone, disparaissent en allant vers le sud de celle-ci. En effet, l'Aslianka, premier anticlinal de quartzites dans la région la plus méridionale de la zone que nous ayons étudiée, n'est pas le prolongement de l'anticlinal du Dikar ou de l'Ostry, mais bien du Rastessky-Kamen qui est sans doute une ride plus orientale.

3° La zone des quartzites et conglomérats présente comme caractère particulier l'existence de synclinaux orthogonaux sur la direction des plis, et produits par l'abaissement subit de l'axe des anticlinaux. Ces synclinaux sont généralement occupés par des rivières qui parfois coulent dans de véritables cluses (Koswa au Touloum).

4° La structure si simple de la zone des quartzites et conglomérats contraste avec l'allure du dévonien inférieur de la Koswa qui vient à l'ouest. Celui-ci en effet est extrêmement plissé, et forme des plis comprimés et déjetés vers l'ouest, dont la forme contraste avec celle des voûtes régulières des quartzites. La même observation peut être faite relativement à la zone cristalline de l'est.

5° En dehors des diabases grenus intrusifs en dykes plus ou moins puissants, cette zone ne présente pas de grands massifs éruptifs basiques comme c'est le cas pour la région orientale des schistes cristallins détritiques. Les diabases eux-mêmes sont identiques aux variétés qui traversent les différentes formations du dévonien inférieur de la Koswa, rien ne permet de préciser leur âge par rapport à ces dernières.

CHAPITRE XI

La région du synclinal dévonien de Tépil.

§ 1. Aperçu relatif à la topographie de la région de Tépil et de la contrée qui lui fait suite vers le nord. — § 2. Les montagnes qui avoisinent les sources de Pogwa. — § 3. L'arête de Kozmer et les vallées de Pogwa et de Soukhoï-Tépil. — § 4. La chaîne de Kwarkouche et son prolongement vers le sud. — § 5. Les affleurements le long du cours de Tépil. — § 6. La crête du Stchoutchy-Adinoky.

§ 1. *Aperçu relatif à la topographie de la région de Tépil et de la contrée qui lui fait suite vers le nord.*

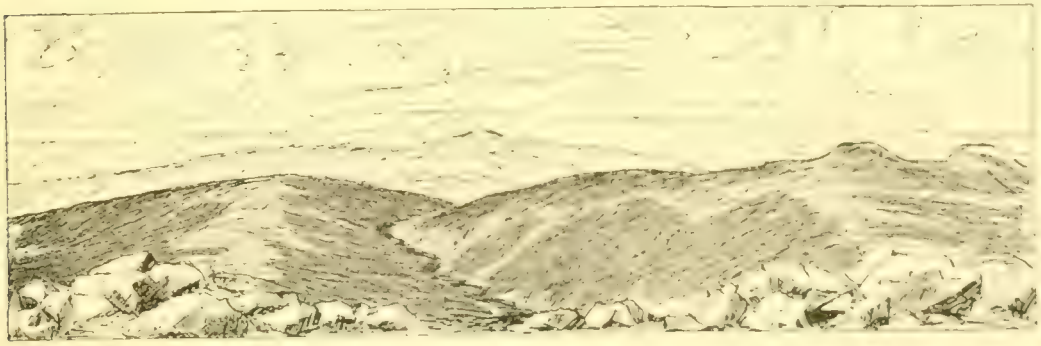
La rivière Tépil est le produit de la réunion de deux rivières; l'une appelée Soukhoï-Tépil coule à peu près du nord vers le sud, l'autre appelée Pogwa coule en

moyenne du nord-est vers le sud-ouest. La rivière Pogwa elle-même résulte de la jonction de deux cours d'eau distincts; le plus occidental s'appelle Pogwa, le plus oriental est nommé selon les cartes Balchaïa-Jazwa ou Balchaïa-Neswa. Une longue crête boisée du nom de Kozmer, sépare Soukhoï-Tépil de Pogwa; elle mesure plus de vingt kilomètres de longueur et présente une forme très caractéristique avec ses deux sommets peu accusés, dont le principal est rejeté vers le nord; le confluent de Pogwa et de Soukhoï-Tépil se fait à quelques verstes de l'extrémité sud de Kozmer.

La région des sources de Pogwa est particulièrement intéressante, car c'est là que commencent à proprement parler les hautes montagnes qui, plus au nord, forment la longue chaîne du Poyassowoï-Kamen. Si du sommet de Kozmer on regarde dans la direction de l'est, on voit une très large vallée boisée et marécageuse, comprise entre cette montagne et une seconde crête plus orientale, dont nous ignorons le nom, mais que pour la commodité de l'exposition nous appellerons Pogwinsky-Kamen. Dans cette vallée coule une rivière qui n'est autre que Pogwa. Celle-ci est formée par plusieurs sources dont la principale s'amorce sur une barre transversale très plate, qui crée deux versants dans la vallée en question; les autres descendent du flanc ouest du Pogwinsky-Kamen.

Cette montagne elle-même est très particulière, elle forme un long ouwal boisé, dirigé à peu près nord-sud, qui, à mi-partie de sa longueur, est entaillé par une coupure transversale.

Cet ouwal dont la hauteur est assez uniforme sur une grande partie de son étendue, s'abaisse cependant insensiblement vers le sud; vers le nord au contraire il possède deux sommets chauves et rocheux, qui s'élèvent comme deux dômes d'une région boisée qui paraît parfaitement horizontale, et qui sont séparés l'un de l'autre par un col. Ces deux sommets qui sont plus élevés que les montagnes avoisinantes



Vue générale du Pogwinsky-Kamen depuis Jazwinsky-Ouwal.
Au premier plan : Le Pogwinsky-Kamen coupé en cluse par la rivière Pogwa. Au second plan la crête de Kozmer. Au troisième plan la chaîne de Kwarkouche.

sont rasés en forme de terrasses comme le montre fort bien le dessin ci-joint; leur aspect permet de les reconnaître de fort loin. Lorsqu'on fait l'ascension de l'un de ces sommets, on a une vue très étendue sur toute la contrée; en regardant vers l'ouest, on voit au premier plan la vallée de Pogwa et l'arête de Kozmer, puis derrière celle-ci, on distingue une longue chaîne qui barre l'horizon de ce côté. Vers le sud cette chaîne se continue sans interruptions jusqu'au Soukhoï, vers le nord elle se prolonge fort au delà de l'extrémité septentrionale de Kozmer et se perd dans l'horizon lointain. Cette montagne est celle que les gens du pays appellent Kwarkouche, ce nom ne s'applique il est vrai qu'à son extrémité nord, mais nos explorations de 1904 ayant démontré la parfaite unité de cette longue chaîne, nous le lui

Vue générale de la crête de Kozmer depuis le Pogwinsky-Kamen.
I = Pogwinsky-Kamen. — II = Kozmer. — III = Chaîne de Kwarkouche. — IV = Mont Soukhoï. — V = Tscherdynsky-Kamen. — 1 = Flanc N. de la barre des sources de Pogwa. — 2 = Vallée supérieure d'Uls. — 3 = Vallée supérieure de Soukhoï-Tépil.

conserverons sur toute son étendue. Entre le flanc occidental de Kozmer et le Kwarkouche, il existe une vallée occupée par Soukhoï-Tépil. Celle-ci s'amorce également sur une barre transversale très plate, faisant ligne de partage avec une autre rivière coulant vers le nord et appelée Uls, qui est un affluent de la Wichéra.

Vers le nord, ou mieux dans la direction nord 20° ouest, on voit à cinq ou six verstes du Pogwinsky-Kamen de hautes montagnes rocheuses, dont les formes topographiques rappellent celles observées sur les chaînes de la zone des quartzites et conglomérats, à l'Aslianka notamment. Ces montagnes font déjà partie du Poyassowoï-Kamen dont elles forment l'extrémité sud, une dépression boisée les sépare du Pogwinsky-Kamen qui peut être considéré comme étant leur continuation directe.

En regardant maintenant vers l'est, on voit tout d'abord au premier plan un long ouwal boisé dont la crête est rocheuse, et qui possède la même orientation gé-

nérale que celle du Pogwinsky-Kamen, nous l'appellerons Jazwinsky-Ouwal. Au second plan, et fermant l'horizon du côté de l'est, on observe une haute crête qui, dans sa partie sud, présente deux sommets pelés dont le plus élevé est aussi le plus méridional; nous donnerons à cette crête le nom d'Olwinsky-Ouwal et au sommet celui d'Olwinsky-Kamen (noms qui ne concordent sans doute pas avec ceux connus des rares chasseurs qui parcourent ces solitudes). Dans une vallée assez étroite comprise entre Pogwinsky-Kamen et Jazwinsky-Ouwal, coule la rivière Balchaïa-Jazwa. Celle-ci naît sur une barre rocheuse transversale qui réunit les deux montagnes et qui fait ligne de partage entre les eaux européennes et asiatiques en cet endroit, puis elle tourne brusquement vers l'ouest pour arriver dans la vallée de Pogwa, en passant dans la cluse transversale indiquée précédemment.

Entre Jazwinsky-Ouwal et Olwinsky-Kamen, il existe une seconde vallée plus large que la précédente, dans laquelle une ligne de partage délimite deux nouvelles rivières qui coulent en sens inverse toutes deux sur le versant asiatique : la première, qui s'appelle Olwa, est un affluent de Kakwa, elle coule d'abord du sud au nord, puis coude vers l'est et contourne l'extrémité nord de l'Olwinsky-Ouwal; la seconde est sans doute une source de Kakwa elle-même; nous ne l'avons d'ailleurs pas suivie plus loin.

A partir du confluent de Soukhoï-Tépil et de Pogwa, la rivière Tépil coule sensiblement du nord vers le sud voire même légèrement vers le sud-ouest, dans une large vallée, encaissée à l'ouest par l'extrémité sud de la chaîne de Kwarkouche et par celle du Soukhoï-Ostry qui en est le prolongement; vers l'est par une longue montagne boisée couronnée par une crête rocheuse qui s'appelle Stchoutchy-Adinoky. Cette montagne sépare la rivière Tépil de la rivière Tilaï, elle est large et ravinée par les affluents latéraux de ces deux rivières. La crête du Stchoutchy s'abaisse aux approches de la cluse de la Koswa et disparaît bientôt avant d'arriver à celle-ci.

Transportons-nous maintenant plus au nord, et supposons l'observateur placé sur un des nombreux sommets de la chaîne du Poyassowoï-Kamen. En regardant vers l'ouest, il aurait tout d'abord devant lui une immense vallée, très large et couverte par la forêt, suivie par la longue chaîne de Kwarkouche qui ferme l'horizon de ce côté. Celle-ci dessine, quand on la voit de loin, une ligne parfaitement droite; çà et là un petit sommet, sorte d'accident tout à fait local, s'élève au-dessus de cette barre uniforme. La grande vallée n'est pas unie, elle montre quelques petites ondulations; elle est traversée obliquement par plusieurs rivières qui viennent de l'est ou du sud-est, et qui toutes se jettent dans une artère collectrice qui s'amorce sur la même barre que Soukhoï-Tépil mais en sens inverse, cette artère

est la rivière Uls. En regardant vers le sud-ouest, la disposition reste la même, on voit Pogwinsky-Kamen sur le prolongement du Poyassowoï, et on constate que l'extrémité nord de Kozmer vient mourir dans cette grande vallée. En regardant maintenant vers le nord-ouest, on voit que la chaîne de Kwarkouche se termine assez brusquement du côté du nord; en même temps dans la grande vallée en question, entre Kwarkouche et Poyassowoï, surgit une importante arête boisée qui paraît dentelée par suite de la présence de nombreux affleurements rocheux sur la crête, et qui paraît *a priori* orientée comme Kozmer, dont elle a d'ailleurs la forme

Vue de la chaîne de Kwarkouche, de l'extrémité sud d'Antipowsky-Grébine, et de la vallée d'Uls depuis le Poyassowoï.
I = Chaîne de Kwarkouche. — II = Vallée d'Uls. — III = Antipowsky-Grébine. — IV = Ouwal encaissant la rive gauche de Liampa. — V = Poyassowoï-Kamen.

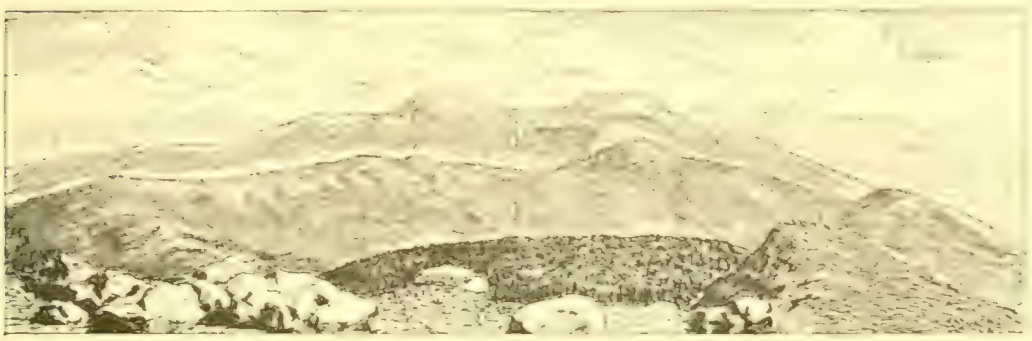
topographique. Cette crête s'appelle Antipowsky-Grébine, elle est accompagnée vers l'est d'un petit ouwal accessoire, qui s'intercale entre elle et la chaîne de Poyassowoï-Kamen.

Nos investigations n'ont pas porté au delà, et si nous faisons cette incursion vers le nord dans une région qui somme toute n'appartient pas à celle dont l'étude fait l'objet de ce volume, c'est qu'il est nécessaire de la connaître pour comprendre dans la suite ce que devient le synclinal de Tépil au nord des sources de cette rivière.

§ 2. *Les montagnes qui avoisinent les sources de Pogwa.*

Nous avons exploré ces montagnes en 1903, vers la fin d'une campagne faite dans le bassin supérieur de la rivière Kakwa. Venant de l'est, nous sommes tout d'abord arrivés sur l'Olwinsky-Ouwal que nous avons abordé par son extrémité septentrionale.

L'ouwal est boisé jusque sur la crête où cependant la végétation est déjà raréfiée: pour gagner celle-ci, nous avons cheminé obliquement à travers la forêt sur le flanc oriental de cet ouwal; chemin faisant nulle part nous n'avons rencontré d'affleurements de roche en place, çà et là cependant, on trouve quelques blocs anguleux toujours formés par des schistes cristallins quartziteux de couleur verdâtre. L'extrémité sud de l'Olwinsky-Ouwal cote 720 mètres d'après nos déterminations, on y trouve sur la crête des schistes verts très feuilletés, dirigés nord-sud et plongeant de 35° vers l'est; lorsqu'on suit cette crête du nord au sud, on rencontre à plusieurs reprises les mêmes roches. Le sommet nord de l'Olwinsky-Ouwal cote 850 mètres, celui qui vient immédiatement au sud et que nous avons appelé Olwinsky-Kamen, est



Vue du Jazwinsky-Ouwal et du Pogwinsky-Kamen, depuis l'Olwinsky-Kamen.
I = Pogwinsky-Kamen. — II = Jazwinsky-Ouwal. — III = Olwinsky-Kamen. — IV = Chaine du Poyassowoi-Kamen. — V = Chaine de Kwarkouche. — 1 = Vallée supérieure de Pogwa. — 2 = Vallée supérieure d'Olwa. — 3 = Vallée de Tépil.

plus élevé, il cote 940 mètres, tous deux sont absolument chauves et couverts de pierriers, çà et là cependant on y trouve un affleurement de roche en place. Celle-ci est invariablement représentée par les mêmes schistes verts, criblés cependant de filons et de lits de quartz blanc. Ces schistes sont identiques à ceux de la zone cristalline de l'est, nous les décrirons ultérieurement avec plus de détail: au sommet principal, ils sont encore dirigés nord-sud et plongent vers l'est, mais sont alors très redressés.

Depuis Olwinsky-Kamen nous avons gagné le Jazwinsky-Ouwal en suivant la barre transversale qui fait ligne de partage, et qui réunit les deux ouwals en question. Cette barre qui est élevée, est couverte de cette prairie spéciale que l'on voit partout à partir d'une certaine altitude, et qui fait transition entre la région boisée et celle du roc nu couvert de lichens; elle est formée des mêmes schistes que ceux de l'Olwinsky-Kamen, à en juger par quelques blocs épars rencontrés. Le Jazwinsky-

Ouwal lui-même est une longue crête qui présente également plusieurs éminences formant sommets; nous avons gagné le plus élevé, qui domine la barre en question; il est absolument chauve et cote 860 mètres environ, les autres sont plus bas et boisés. Sur ce sommet on trouve plusieurs affleurements de schistes verts, dirigés nord-sud et plongeant également vers l'est sous des angles qui varient entre 25 et 60°. Il existe une grande variété de types parmi ces schistes verts, depuis de vrais micachistes, jusqu'à des quartzites schisteuses à gros grains de quartz.

En descendant sur le flanc ouest de l'ouwal, on rencontre constamment les mêmes roches jusqu'à la rivière B. Jazwa qui coule à sa base. Depuis le sommet indiqué, on peut voir que le Jazwinsky-Ouwal s'abaisse rapidement vers le sud, mais se prolonge encore fort loin de ce côté; on a aussi une vue superbe sur les Monts-Ostchy, la chaîne de Tilaï, et les montagnes des sources et du bassin supérieur de Kakwa.

Du Jazwinsky-Ouwal nous sommes descendus sur la rivière Balchaïa-Jazwa que nous avons traversée, pour entreprendre ensuite l'exploration du Pogwinsky-Kamen. Nous avons abordé cette montagne par son flanc oriental, un peu au nord de la cluse transversale indiquée précédemment, pour gagner ensuite la crête que nous avons suivie du sud au nord jusqu'au premier sommet principal.

Dans cette marche oblique de flanc, nous n'avons trouvé aucun affleurement dans la forêt, mais seulement quelques rares fragments de schistes verts d'apparence très quartziteuse. Il en est de même sur la crête, du moins à l'endroit où nous l'avons abordée. En cheminant au nord, on trouve bientôt sur celle-ci une première éminence, sorte de petit sommet secondaire qui cote 820 mètres environ. Elle est couverte d'une forêt rabougrie, et ne présente également pas d'affleurements. La crête s'abaisse ensuite en une longue dépression très plate et marécageuse, qui paraît être le lieu de prédilection de nombreux élans dont on trouve à chaque pas les traces; au delà vers le nord, la pente augmente à nouveau, et l'on arrive alors sur un gros affleurement rocheux qui précède de quelques centaines de mètres le premier sommet principal sur la crête. Cet affleurement est formé par des schistes quartziteux, passant latéralement à un conglomérat très quartzeux à petits éléments. Les couches sont plus ou moins ondulées et dessinent une charnière anticlinale déjetée vers l'ouest; les ondulations ne sont en effet que des froissements secondaires dans l'anticlinal.

En continuant à marcher sur la crête dans la direction du nord, on arrive bientôt au premier des deux sommets principaux. On observe sur les pentes des schistes gris-noirâtres, d'apparence lustrée, qui paraissent parfaitement cristallins d'ailleurs, et qui sont criblés d'innombrables filons et veinules de quartz blanc. Sur le sommet qui forme un plateau parfait, comme cela deviendra d'ailleurs la règle pour les hautes montagnes qui sont situées plus au nord, on trouve exclusivement

des blocs anguleux de quartzites blanches et saccharoïdes identiques aux plus belles variétés de l'Aslianka; nulle part il n'existe d'affleurements, et il n'est pas possible de relever un plongement; il n'en est pas moins certain que ces quartzites sont celles du niveau inférieur. Le sommet sud cote 1012 mètres d'après nos observations (nous inclinons à penser que ce chiffre est un peu fort), le sommet nord a la même altitude, il est constitué identiquement. Lorsqu'on descend sur le flanc ouest du Pogwinsky-Kamen, on trouve des éboulis de quartzites identiques à celles du sommet mêlées aux mêmes schistes grisâtres, puis plus bas on remarque de nouveau les schistes plus ou moins quartzeux et verts analogues à ceux rencontrés sur le flanc oriental, mais nulle part on ne trouve d'affleurements.

Pour rentrer au camp sur Balchaia-Jazwa, nous sommes descendus directement vers l'est sous le sommet, et avons trouvé tout d'abord des éboulis de quartzites blanches mêlées aux schistes gris lustrés; puis plus bas, les roches que nous avons rencontrées alors dans la forêt sont très uniformes, et ressemblent en tout point à celles de la zone orientale des schistes cristallins. Il est incontestable que les quartzites blanches n'apparaissent que sur les deux sommets principaux du Pogwinsky-Kamen, car lorsqu'on suit le cours de la rivière B. Jazwa qui passe, comme nous l'avons dit, dans la cluse transversale qui entame très profondément les formations du Pogwinsky-Kamen, on ne voit nulle part sur les pentes des quartzites, mais bien toujours des schistes verts.

Quelle est maintenant la façon d'interpréter les observations qui précèdent? Il est évident que Jazwinsky-Ouwal et Olwinsky-Kamen appartiennent à la zone orientale des schistes cristallins dont nous parlerons ultérieurement; les roches y sont du même type, plongent toujours vers l'est, et forment sans doute deux ou plusieurs plis déjetés vers l'ouest selon la règle générale.

Quant au Pogwinsky-Kamen, il apparait au premier chef comme un anticlinal-boutonnière de quartzites inférieures, au milieu des schistes verts quartziteux qui se trouvent sur ses deux flancs. Cet anticlinal est également déjeté vers l'ouest et, chose remarquable, il n'appartient nullement à la zone des quartzites et conglomérats comme on peut le voir à l'examen de la topographie, mais se place au contraire beaucoup à l'est de celle-ci. La zone des quartzites en effet trouve sa continuation dans la chaîne de Kwarkouche, l'arête de Kozmer vient à l'est de cette chaîne, et le Pogwinsky-Kamen se trouve lui-même à l'est de Kozmer et forme de la sorte une nouvelle ligne anticlinale de quartzites, qui, plus au sud, disparait complètement, car nous n'en avons pas retrouvé de traces dans la région des sources du Tilaï (à moins que les Monts Ostchy sur la nature desquels nous ne sommes pas encore complètement fixés, ne représentassent le dernier retentissement sud de cet

anticlinal). Par contre la même zone anticlinale prend au nord une importance considérable; elle forme en effet la longue chaîne du Poyassovoï-Kamen, qui peut être considérée comme la continuation directe du Pogwinsky-Kamen.

§ 3. *L'arête de Kozmer et les vallées de Pogwa et de Soukhoï-Tépil.*

Nous avons gagné l'arête de Kozmer depuis le Kwarkouche, en marchant au sud-est pour traverser obliquement la vallée qui sépare ces deux montagnes. Dans cette excursion, nous sommes restés au nord de la barre qui sépare le bassin de Soukhoï-Tépil de celui d'Uls, et avons par conséquent traversé le cours de cette rivière dans sa partie supérieure. Depuis le Kwarkouche, à 15 kilomètres au sud environ de son sommet principal, on a une vue excellente sur toute l'arête de Kozmer. Celle-ci n'échappe pas à la loi générale que nous retrouvons sur toutes les montagnes relativement élevées de la région, elle est érodée en terrasses successives, et son sommet principal est rasé sous forme d'un plateau parfaitement horizontal. A

Vue générale de l'extrémité Nord de Kozmer depuis les Poyassowoï-Kamen.
I = Tscherdynsky-Kamen. — II = Chaîne de Kwarkouche. — III = Vallée supérieure d'Uls. — IV = Extrémité Nord de Kozmer et barre séparant le bassin d'Uls de celui de Pogwa. — V = Grande vallée d'Uls. — VI = Poyassowoï-Kamen.

distance on peut voir plusieurs de ces terrasses, celle qui vient immédiatement sous le sommet paraît la plus étendue.

Dans la partie supérieure de la vallée de la rivière Uls, nous n'avons pas trouvé d'affleurements rocheux en place dans la forêt, cependant sous les arbres déracinés on observe constamment des fragments anguleux de schistes verts du niveau supérieur. Il est donc plus que probable que ceux-ci forment le sous-sol.

Fig. 29. — Vue générale de l'arête de Kozmer et de Poyassowoi-Kamen, depuis le Kwarkoutche. Au premier plan le Kwarkoutche [illegible] au grand ravin occupé par un tributaire d'Ils. Au second plan la longue arête de Kozmer. Au troisième plan le Pozwinsky-Kamen.

Fig. 30. — Vue générale des Poyassowoi-Kamen et d'Antipowsky Gr[illegible]me depuis le Kwarkoutche. Au premier plan Kwarkoutche, coupé en terrasses successives. Au second plan, Antipowsky-Grebène. Au troisième plan la longue chaîne des Poyassowoi-Kamen, toute découpée en terrasses [illegible]que l'on voit malgré la petitesse de l'échel[illegible]

Nous avons abordé Kozmer près de l'extrémité septentrionale de la crête boisée qui termine cette arête vers le nord, et nous l'avons suivie sans discontinuer jusqu'au sommet principal. Les affleurements n'y sont point très abondants, cependant on en trouve quelques-uns qui permettent de relever la direction des couches qui est toujours nord-sud ou très légèrement nord-ouest, ainsi que le plongement qui se fait constamment vers l'est. A l'altitude de 700 mètres environ, ces schistes sont traversés par un gros dyke de diabase grenu. En continuant à marcher sur la crête dans la direction du sud, on trouve à une faible distance du filon en question des gros blocs anguleux de conglomérat quartzeux, puis un peu plus loin les bancs en place et parfaitement lités des mêmes roches. Les couches qui plongent tout d'abord vers l'est, deviennent horizontales, puis plongent ensuite vers l'ouest : il y a donc là une voûte anticlinale manifeste, que l'on voit directement et sans interprétation aucune sur le terrain, cette voûte est suivant la règle générale déjetée vers l'ouest, et probablement rompue sur ce flanc, comme le ferait supposer la position des schistes verts sur la crête et sur le flanc ouest de Kozmer par rapport à celle des conglomérats.

Plus au sud, ces conglomérats cessent sur la crête, et *on voit affleurer à nouveau les schistes verts*, qui plongent vers l'est de 60 : cet affleurement se trouverait sur la troisième des terrasses, celles-ci étant numérotées de 1 à 3 à partir du sommet. Cette terrasse cote 680 mètres d'après nos observations; la seconde est à l'altitude 720 mètres : on y trouve également des affleurements de schistes verts très compacts. Quant au sommet principal il cote 780 mètres : on y rencontre encore des affleurements de schistes verts, dirigés nord-sud et plongeant vers l'est. Nous n'avons pas continué cette exploration plus au sud : à la jumelle on voit cependant sur la crête quelques pitons rocheux qui émergent de la forêt, et qui sont sans doute formés de même roches.

Résumons maintenant sommairement les observations qui précèdent :

1° Il paraît évident que la crête de Kozmer forme sur toute sa longueur un pli anticlinal déjeté vers l'ouest et rompu de ce côté. Le cœur de cet anticlinal est formé par les conglomérats quartzeux qui sont recouverts par les schistes quartziteux verdâtres du niveau supérieur : le pli lui-même sur toute la partie de Kozmer que nous avons explorée, garde les mêmes caractères.

2° La vallée qui sépare Kwarkouche de Kozmer est un pli synclinal formé par les mêmes schistes verts, du moins dans la région située au nord de la ligne de partage entre Uls et Soukhoï-Tépil. Au sud de cette ligne, nous ignorons quelles sont les formations qui occupent ce synclinal, mais nous avons tout lieu de croire cependant qu'il en est de même.

3° Le Stchoutchy et Antipowsky-Grébine ont sensiblement la même orientation que Kozmer et paraissent former avec lui une seule et même chaîne.

Nous verrons que cette observation trouve une éclatante confirmation dans la connaissance de la constitution géologique de ces deux montagnes.

Il nous reste à dire quelques mots de la vallée de Pogwa; nous ne l'avons pas traversée de l'est à l'ouest depuis le sommet de Kozmer jusqu'au Pogwinsky-Kamen, mais nous la connaissons au nord des sources de Pogwa. On y rencontre là exclusivement des schistes verts et par conséquent la répétition de ce que nous avons observé dans la partie supérieure de la vallée d'Uls. D'autre part nous sommes arrivés dans la vallée de Pogwa en suivant le cours de B. Jazwa depuis sa source jusqu'au confluent de Soukhoï-Tépil; voici les quelques rares observations que nous avons pu faire par suite de la difficulté d'accès des lieux causée par les marécages. La rivière passe, comme nous l'avons dit, par la coupure transversale du Pogwinsky-Kamen. Sur la rive gauche on ne trouve pas d'affleurements de roche en place, toutefois au milieu de la cluse à peu près, on observe quelques éboulis de schistes quartziteux supérieurs. Au sortir de la cluse, la rivière arrive dans la vallée de Pogwa. On marche alors dans la direction du sud-ouest, en longeant une côte faiblement inclinée qui avoisine la rive gauche de la rivière. L'extrémité sud de Kozmer se trouve alors directement devant soi vers l'ouest, et l'arête ne semble pas être bien éloignée; dans ces conditions la côte sur laquelle on chemine fait sans doute partie d'un mouvement de terrain situé entre Kozmer et l'extrémité sud du Pogwinsky-Kamen.

Dans la forêt on trouve à plusieurs reprises des débris de schistes verts, puis un affleurement de schistes noirs phylliteux qui sont identiques à ceux du D^1. On continue à marcher pendant cinq ou six verstes sans observer un affleurement, de temps en temps on se rapproche à quelques mètres de la rive gauche de la rivière sans pouvoir la suivre bien longtemps à cause des marécages, Kozmer reste toujours à l'ouest, mais s'abaisse très rapidement vers le sud; puis on continue à marcher encore plusieurs kilomètres vers le sud-ouest, toujours dans la forêt, sans pouvoir observer un seul affleurement ou même un caillou anguleux sous un arbre. On dépasse alors l'extrémité de Kozmer, à ce moment la rivière paraît considérablement plus large, elle a opéré en effet sa jonction avec Soukhoï-Tépil. Comme on le voit, ces observations se résument à peu de chose, il paraît cependant probable que la vallée de Pogwa est elle aussi un synclinal, formé par des schistes verts que l'on retrouve sur le flanc ouest du Pogwinsky-Kamen et sur le flanc est de Kozmer; la présence de schistes verts à une faible distance de la rive gauche de B. Jazwa ne peut guère s'expliquer autrement. D'autre part la constatation de l'existence de

schistes noirs nous laisserait supposer qu'il existe encore un peu de D^1 au cœur même de ce synclinal.

§ 4. *La chaîne de Kwarkouche et son prolongement vers le sud.*

Il n'entre pas dans notre programme de faire ici l'étude complète de la montagne de Kwarkouche, cette chaîne intéressante que nous avons parcourue en tous sens trois semaines durant, fera l'objet d'un autre travail; nous voulons simplement esquisser les grandes lignes générales de sa topographie et de sa géologie, et montrer comment cette chaîne se continue vers le sud pour former les montagnes qui se trouvent à l'ouest de Kozmer, et encaissent la rive droite de Soukhoï-Tépil puis de Tépil elle-même.

La chaîne de Kwarkouche est, d'après les nombreux relevés que nous en avons faits, dirigée en moyenne nord 30° ouest sud 30° est, elle forme une longue et large ride parallèle à Kozmer, qui s'étend sans discontinuité sur plus de 90 kilomètres du nord au sud, et se termine vers le nord à une petite distance au delà du confluent des rivières Uls et Pélia.

La crête forme un large plateau de hauteur presque uniforme, à la surface duquel les sommets surgissent comme de véritables anomalies topographiques. Ceux-ci dont l'importance est toujours minime, présentent des formes absolument caractéristiques: ce sont soit de grandes tables rocheuses parfaitement horizontales, qui s'élèvent de 40 à 60 mètres seulement au-dessus du plateau, soit aussi des sortes de pyramides quadrangulaires, rocheuses également, et découpées en terrasses successives dont les niveaux se correspondent d'un sommet à l'autre.

Le plateau est herbeux et très marécageux. Au-dessous de 800 mètres en chiffre rond, il se recouvre d'une rare végétation de conifères rabougris. C'est dans les marécages du vaste plateau formé par la crête de Kwarkouche que s'amorcent une foule de rivières toutes tributaires des deux grandes artères collectrices qui coulent le long des deux flancs de la vaste chaîne. Ces cours d'eau qui débutent généralement par une série de petits ruisselets, ravinent localement le grand plateau en forme de patte d'oie, entament ensuite profondément la chaîne, et coulent dans de grands ravins latéraux qui forment ces sortes de coulisses que l'on observe sur les deux flancs de celle-ci.

Le Kwarkouche se termine vers le nord par une espèce d'éperon rocheux sur l'extrémité septentrionale duquel on remarque, à distance déjà, deux hauts rochers ruiniformes qu'on appelle les « oreilles de Pélia ». La rivière Uls qui coule d'abord

entre l'extrémité nord de Kozmer et le flanc est de Kwarkouche, continue à suivre ce flanc au delà de Kozmer en épousant la direction générale de la montagne dont elle coupe transversalement l'extrémité avant son confluent avec Pélia. Cette dernière prend naissance au cœur même de la chaîne, immédiatement à l'est du plus haut sommet, à 35 kilomètres environ au sud des « oreilles de Pélia ».

Elle est formée par la réunion de plusieurs sources disposées en patte d'oie, et coupe très obliquement la chaîne en coulant dans une profonde vallée d'érosion. Au sortir de cette vallée, elle suit sensiblement le flanc ouest de Kwarkouche et se réunit à l'Uls à une faible distance au nord des « oreilles de Pélia ».

Le second grand cours d'eau qui prend naissance sur le Kwarkouche est la rivière appelée Malma. Les sources de Malma se trouvent à 10 ou 12 kilomètres environ au sud de celles de Pélia, c'est-à-dire un peu au nord de l'extrémité septentrionale de Kozmer, mais à une assez grande distance à l'ouest de cette arête. Il n'existe aucune carte qui donne exactement la situation respective de Kozmer par rapport aux sources de Malma de Pélia et de la rivière Uls: la carte $^1/_{420000}$ est absolument fantaisiste, et a été évidemment faite par une personne qui n'a jamais été sur les lieux; la carte géologique de M. Krotow n'est pas plus exacte, et c'est sans doute les erreurs topographiques qu'elle renferme qui ont trompé cet observateur si sagace sur la position de Kwarkouche par rapport à Kozmer, et sur la situation de la rivière Uls par rapport à Soukhoï-Tépil.

Malma est le produit de la réunion de plusieurs sources, qui ont profondément raviné la chaîne en donnant naissance à une gigantesque patte d'oie. La source principale coule dans un profond ravin qui coupe obliquement la chaîne du NE vers le SO sur toute sa largeur; cette source s'avance en effet jusque sur la bordure orientale du haut plateau de Kwarkouche. Toute la région des sources de Malma a été le siège d'une érosion formidable, et à première vue on pourrait croire que c'est là que se termine la chaîne; il n'en est rien cependant, et il suffit pour s'en convaincre de traverser le ravin de Malma pour faire ensuite l'ascension du dernier sommet aigu qui se trouve à une faible distance au sud de ce ravin. Depuis le sommet, on voit en effet que Kwarkouche se continue en ligne droite vers le sud à perte de vue, et avec une apparence de grande régularité. Pour en avoir la preuve absolue, nous avons suivi pendant quatre jours cette longue chaîne; nous avions tout d'abord constamment Kozmer à notre gauche, c'est-à-dire à l'est, puis nous avons dépassé l'extrémité sud de Kozmer en cheminant toujours sur la crête de Kwarkouche, sans observer aucune solution de continuité dans la chaîne; la crête s'abaisse seulement insensiblement vers le sud, ce que l'on peut constater par le fait que le plateau marécageux et herbeux est suivi par une région couverte de forêt rabougrie, puis par de

la forêt ordinaire toujours très peu dense. Rien ne vient interrompre l'uniformité de ce prolongement sud de Kwarkouche, pas un sommet un peu saillant ne s'y rencontre, et les seuls accidents topographiques sont des ravins localisés surtout sur le flanc est, et occupés par des cours d'eau exclusivement tributaires d'Uls, de Soukhoï-Tépil et de Tépil elle-même.

Nous nous sommes arrêtés à 10 kilomètres au nord du Soukhoï, estimant la démonstration suffisante; il ne saurait donc y avoir de doute, et la chaîne de Kwarkouche en tout ou partie, se continue topographiquement sans interruption jusqu'au Soukhoï.

La géologie de la chaîne de Kwarkouche est difficile à faire faute d'affleurements nécessaires pour cela. La plupart des sommets rocheux qui s'élèvent sur le grand plateau, sont formés par de gros dykes intrusifs de diabase; il faut cependant en excepter les trois derniers du côté nord, qui tous trois sont formés par des roches détritiques représentées soit par des quartzites blanches et compactes du type de l'Aslianka, soit par des quartzites plus ou moins schisteuses ou chloriteuses. Il y a là de nombreuses variétés qui doivent alterner, car dans les cailloutis du dernier sommet raviné en terrasse que l'on rencontre avant d'arriver aux « oreilles de Pélia », on trouve parmi les blocs qui recouvrent les pentes, des roches d'aspect fort différent, mais qui appartiennent cependant à la même famille. Les quartzites souvent plus ou moins schisteuses ou micacées, se retrouvent sur le flanc est de Kwarkouche, notamment sur les parois des grands ravins dont nous avons parlé précédemment; les variétés schisteuses paraissent supérieures à celles plus compactes et saccharoïdes, les unes comme les autres plongent toujours vers l'est. Les deux « oreilles de Pélia » ne sont autre chose que deux grandes dalles de schistes quartziteux plissottés, dirigés à peu près N 23° O, et plongeant vers l'est; la direction indiquée est presque constante pour tous les affleurements que nous avons rencontrés sur le Kwarkouche.

Vu l'immensité du plateau qui forme la crête, il paraît peu probable que le Kwarkouche soit constitué par une seule et même voûte de roches quartziteuses: d'ailleurs dans la cluse de l'extrémité nord de la chaîne, et dans les falaises rocheuses qui dominent la rive droite d'Uls, on voit nettement les roches détritiques schisteuses qui forment la montagne en cet endroit, dessiner plusieurs plis très comprimés et déjetés vers l'ouest. Sur Kwarkouche même, on ne peut guère faire de bonnes observations, les affleurements font défaut et on trouve seulement çà et là quelques gros blocs anguleux épais, qui renseignent sur la nature pétrographique du sous-sol, mais n'apprennent rien sur les plongements des assises. Cependant aux sources de Pélia, dans un grand ravin qui se trouve directement à la base du flanc

occidental du sommet le plus élevé de Kwarkouche, et au milieu du plateau, on trouve des affleurements sur lesquels le plongement est nettement ouest, ce qui, étant donné la disposition des couches sur le versant oriental de la chaîne, permet de conclure à l'existence d'un premier anticlinal qui est sans doute suivi d'un second vers l'ouest, car en marchant dans cette direction, on retrouve plus loin de nouveaux affleurements avec un plongement contraire. Une seule observation vient corroborer cette manière de voir : Dans le grand ravin qui vient immédiatement au sud du sommet principal et dans lequel coule un petit affluent d'Uls que l'on nous dit s'appeler Krestowska, on voit nettement les quartzites blanches et compactes former une voûte, qui est flanquée vers l'ouest par des schistes verts concordants appartenant sans doute à l'horizon supérieur. En marchant directement à l'ouest, on trouve les mêmes schistes sur une assez grande largeur, puis on voit alors réapparaître les quartzites sans qu'il soit possible de préciser leur disposition. Il est cependant plus que probable que celles-ci forment un deuxième anticlinal plus occidental, séparé du premier par un synclinal de schistes verts du niveau supérieur. Ces schistes verts se poursuivent jusqu'au grand ravin de Malma et sans doute au delà.

Nulle part nous n'avons vu affleurer les conglomérats quartzeux du Soukhoï sur la chaîne de Kwarkouche même, mais ceux-ci se retrouvent avec des caractères absolument identiques sur deux ouwals parallèles qui viennent à l'ouest de Kwarkouche, ils y sont plissés sous forme de deux anticlinaux successifs, déjetés et rompus sur le versant occidental, exactement comme le Soukhoï dont ils ont d'ailleurs la forme topographique.

A deux ou trois verstes au sud du sommet qui domine la rive gauche du ravin de Malma, le Kwarkouche paraît se bifurquer en deux chaînes distinctes, d'abord peu accusées, puis qui le deviennent davantage et cheminent parallèlement ; c'est la plus orientale que nous avons suivie, en marchant vers le sud, à partir du sommet indiqué jusqu'à un grand ravin qui descend sur Soukhoï-Tépil. La crête forme toujours un plateau herbeux et marécageux, sans affleurements rocheux ; cependant les blocs anguleux trouvés çà et là sur le sol sont formés de quartzites schisteuses ; depuis la naissance de ce ravin on voit le sommet sud de Kozmer qui se trouve par rapport à lui au S 35° E. En continuant à suivre la crête en marchant vers le sud et parfois le sud-ouest, on rencontre successivement trois grands ravins semblables que l'on contourne. Le quatrième ravin est à peu près à 25 ou 30 kilomètres du sommet plateforme qui domine la rive gauche de la source principale de Malma, il est situé déjà bien au delà de l'extrémité sud de Kozmer. Pendant ce long trajet nous n'avons pas rencontré un seul affleurement, à l'exception d'un pointement de diabases, mais sur le sol nous avons à plusieurs reprises trouvé quelques blocs de roches

quartziteuses, absolument différentes des formations habituelles du Dévonien inférieur, et absolument analogues, par contre, à certains types observés dans la partie nord de Kwarkouche.

En continuant à marcher vers le sud toujours sur la crête, on croise un cinquième ravin qui cette fois descend sur le versant occidental ; là encore on trouve quelques blocs de roches quartziteuses semblables aux précédentes. A 6 kilomètres environ au sud-ouest, on voit un pointement rocheux qui émerge de la forêt, nous l'avons visité en descendant alors sur le versement ouest de la crête, il est formé par des diabases, mais tout près de là on trouve encore des blocs des mêmes quartzites rubannées qui ne sont évidemment pas du type de celle de l'Aslianka, mais que l'on ne saurait à notre avis distraire de la formation des quartzites et conglomérats. Depuis le sommet du pointement de diabases, on voit le Soukhoï à 8 ou 10 kilomètres plus au sud ; nous avons alors arrêté là nos investigations, puis marchant vers l'est, nous avons gagné la rivière Tépil en suivant de la sorte un profil transversal de la montagne. Nulle part nous n'avons trouvé d'affleurements, mais jusqu'à trois kilomètres environ de la rive droite de Tépil, on rencontre çà et là sous les arbres déracinés des roches quartziteuses, schisteuses ou rubannées, qui se rattachent sans doute aux termes supérieurs de la zone des quartzites ; par contre jamais nous n'avons trouvé des schistes noirs du Dévonien inférieur ou des dolomies du dévonien moyen. A trois kilomètres de Tépil, le sol devient absolument plat et marécageux et il est impossible de reconnaître la nature lithologique du sous sol. Peut-être est-il formé par des dolomies du D^2, mais celà est peu probable, car on en trouverait forcément quelques débris, en tout cas il est vraisemblable que le synclinal est fort réduit en cet endroit.

§. 5. *Les affleurements le long du cours de Tépil.*

Après notre exploration des sources de B. Jazwa, nous avons suivi la rivière Tépil sur toute sa longueur, depuis le confluent de Pogwa et de Soukhoï-Tépil, jusqu'à Ust-Tépil. M. Krotow a, antérieurement déjà, relevé les affleurements le long de la rivière, mais ses investigations ont commencé sur Pogwa elle-même, à 22 verstes en amont du confluent de Pogwa avec Balchaïa-Niezwa (notre Balchaïa-Jazwa). Nos observations étant généralement parfaitement concordantes avec celles de M. Krotow, nous donnerons ici un extrait du chapitre que cet auteur consacre aux affleurements relevés le long de Tépil, en indiquant en temps et lieu les petites divergences entre nos observations et les siennes.

« Dans la partie supérieur de son cours, Pogwa coule dans une région maréca-

geuse dans laquelle elle divague fréquemment ; dans le lit de la rivière on trouve des blocs de quartzites et de conglomérats. Le premier affleurement de roche en place se trouve à douze verstes en amont du confluent de Balchaïa-Niezwa, cet affleurement qui mesure une verste environ, est formé de schistes argileux micacés qui semblent dirigés NS. A neuf verstes du dit confluent nouvel affleurement sur la rive gauche, composé de schistes micacés de couleur gris sombre, avec des filonnets et lentilles de quartz blanc. Les couches minces sont dirigées N. NE.-S. SO. plongement 50°, l'affleurement est étendu sur une verste environ. A sept verstes et demie de l'embouchure de Balchaïa-Niezwa, sur la rive gauche de Pogwa et près de la petite isba de chasseurs qui se trouve en cet endroit, affleure un marbre finement grenu gris blanchâtre ou blanc, à schistosité déterminée par la présence de petites lamelles de mica blanc, avec un plongement E 40° ; l'auteur le considère comme appartenant à la formation des schistes cristallins. A une verste et demie plus bas et toujours sur la rive gauche, on voit affleurer des schistes micacés froissés avec nodules de quartz blanc, gris ou brun. En aval du dit affleurement, le lit de Pogwa est parsemé de blocs de grès arkose et de conglomérat que M. Krotow attribue au D^1. A trois ou quatre verstes, toujours en amont du confluent de Balchaïa-Niezwa et sur la rive gauche, on voit apparaître un affleurement de dolomies finement grenues, noires ou gris sombre, plus ou moins schisteuses, appartenant au D^2, les cavernes de cette dolomie sont remplies de dolomies blanches. Les mêmes dolomies se retrouvent à une verste plus bas, toujours sur la rive gauche.

Entre le confluent de Balchaïa-Niezwa et de Soukhoï-Tépil, toujours sur la même rive, on observe encore les mêmes dolomies noires, grenues et caverneuses, et par places le calcaire dolomitique schisteux et compact de couleur gris sombre. En amont du confluent de Soukhoï-Tépil, puis ensuite en aval de celui-ci, on voit affleurer des dolomies blanches et finement grenues, et à une verste plus bas sur la rive gauche de Tépil, des dolomies noirâtres, qui se retrouvent également à l'embouchure de Tzenkowa et plus en aval. A une verste en amont de Tarassowka, les mêmes dolomies réapparaissent, toujours sur la rive gauche, l'affleurement commence presque à l'embouchure de Balchaïa-Koniewa. A une verste en amont de l'embouchure de Malinka-Koniewa qui est située plus bas, l'auteur a relevé la coupe suivante sur la rive gauche.

1° Argile rouge contemporaine.

2° Dolomie noire, argileuse, avec crinoïdes. Couches minces plongeant vers l'E jusqu'à 90°, épaisseur 4 mètres.

3° Calcaire dolomitique compact, schisteux, avec cavités pleines de calcite et anneaux de crinoïdes et stromatopores 1 $^1/_2$ mètres.

4° Dolomie bitumineuse grenue, noire, avec dolomie blanche dans les cavités. Roche bréchiforme.

Après une légère interruption les calcaires dolomitiques gris sombre affleurent à nouveau sur une grande étendue avec plongement est.

A une verste en aval du confluent de Malaïa-Koniewa, on trouve un nouvel affleurement de dolomies en couches épaisses, près de l'endroit appelé Milnaïa-Zavodi. Les fissures de la dolomie noirâtre sont remplies par de la dolomie blanche avec des silex noirs. L'affleurement suivant se trouve à une verste en amont de la rivière Staraïa où, toujours sur la même rive, on trouve des dolomies noires ou gris sombre, finement grenues, en couches minces plongeant E 15°. Les cavités de la dolomie sont remplie de silex noirs et de dolomie blanche.

Au confluent de Malaïa-Dolgaïa affluent gauche de Tépil, on trouve à nouveau des dolomies blanches ou grises du D^2, puis à une verste et demie du confluent de Karaoulnaïa, toujours sur la même rive, on observe ce qui suit :

1° Calcaire dolomitique compact de couleur gris sombre, avec Favosites et Stromatopores, appartenant au D^2.

2° Grès quartzeux schisteux, passant à une roche schisteuse quartzo-argileuse appartenant au D^1.

A deux verstes en aval du confluent de Karaoulnaïa, sur la rive droite cette fois, on trouve des gros blocs roulés de quartz, les mêmes roches se retrouvent sur les deux rives de Tépil en amont de Mokhowataïa. L'affleurement suivant se rencontre à une verste en amont du confluent de Balchaïa-Dolgaïa, ce sont des dolomies finement grenues, blanc grisâtre du D^2. Entre Balchaïa-Dolgaïa et Talaïa, Tépil coule dans une vallée basse formée par les dépôts récents, mais après avoir dépassé le confluent de cette rivière, on trouve, sur la rive gauche, des dolomies du D^2 de couleur rougeâtre, dont les cavités sont remplies par des grands cristaux de dolomie blanche.

Plus en aval, à une verste environ du confluent de la rivière Rossomacha, sur la rive droite de Tépil, on trouve des dolomies argileuses, noirâtres, en minces feuillets, avec restes de crinoïdes et de Favosites. L'affleurement qui vient après se rencontre sur la rive gauche, à 1 $^1/_2$ verste du confluent de Malaïa-Chirokaïa, à l'endroit appelé Arlowi-Plioss. Il est formé par des calcaires argileux noirs ou gris sombre, dont les couches plongent vers le NE de 23-25°. Cette roche renferme de nombreux anneaux de crinoïdes transformés en calcite, puis des petites Rynchonelles.

A une verste environ en amont de la rivière Pagarielka, on remarque, sur la rive droite, une roche argileuse et schisteuse de couleur gris-sombre, renfermant beaucoup d'anneaux de crinoïdes, Orthis, Orthocéros, etc., puis au confluent même de ladite rivière on trouve les affleurements suivants :

1° Conglomérats quartzeux et grès arkose.

2° Grès quartzeux gris, plongement NE 17°.

Depuis Pagarielka jusqu'à Palnitschnaïa il n'y a plus d'affleurements, mais en aval de celle-ci et à cinq verstes de l'embouchure de Tépil, on trouve, sur la rive gauche, un affleurement où l'on relève la succession suivante :

D^2 { 1° Dolomies grenues noires avec filons de spath calcaire, de quartz et dolomie blanche dans les cavités. Favosites.
2° Éboulis.
3° Dolomies noires finement grenues, schisteuses, plongeant O de 12 à 15°.

Plus bas, à une verste et demie en amont du confluent de Lougowaïa, sur la rive gauche, on trouve un long affleurement de D^2 que l'on peut suivre sans interruption sur plus d'une verste, et qui est constitué par des dolomies noires, argileuses et schisteuses, qui plongent OSO de 12°. On y trouve des fossiles tels que : Orthis Krotowi, Rhynconella, Euomphalus, etc.

Plus bas, à trois verstes environ du confluent de Tépil, à l'endroit appelé Jwanowsky-Plioss, on trouve de nouveau les dolomies noires, en minces feuillets plongeant ouest, qui forment des falaises abruptes.

Ces observations sont, comme on le voit très complètes, et il ne nous reste pas grand chose à y ajouter. Nous dirons seulement qu'à partir de deux verstes à peu près en amont de Lougowaya, en remontant le cours de Tépil, on voit dans la rivière de gros blocs de quartzites gris-brunâtres, on en trouve même un affleurement sur la rive droite, à une verste en amont de la rivière Palnitschnaïa. Ces mêmes roches se retrouvent en blocs sur les deux rives jusqu'à Pagarielka, où nous avons constaté les affleurements indiqués par M. Krotow, tout en différant d'opinion avec lui sur leur interprétation.

Pour tâcher de voir distinctement les rapports des quartzites et conglomérats de Pagarielka avec les dolomies du D^2, nous avons examiné pas à pas les deux rives de Tépil, depuis l'affleurement des quartzites en amont de Palnitschnaïa. Les blocs de ces quartzites se retrouvent constamment dans le lit de la rivière jusqu'à une verste de Lougowaya. On remarque en cet endroit une colline encaissant la rive gauche de Tépil; cette colline est formée par les quartzites gris-brunâtres en question, contre lesquelles sont plaquées les dolomies fossilifères du D^2 plongeant 20° ouest environ, et qui forment en cet endroit une paroi de 30 mètres de hauteur. Ces dolomies reposent sur les quartzites qui affleurent au bord de la rivière et forment dans la forêt des affleurements importants. Les quartzites plongent de 25° E; l'endroit est appelé par les gens du pays Outoundria.

Comme on a pu le voir, les affleurements de dolomies du D^2 sont presque tou-

jours situés sur la rive gauche de Tépil; M. Krotow ne dit rien de la largeur qu'atteignent ces formations de part et d'autre des deux rives. Nous avons cherché à nous en rendre compte en divers endroits, sur la rive droite tout d'abord, et nous avons exploré le synclinal de l'est à l'ouest sur trois points; en premier lieu le long du cours de Lomovaya, puis à partir de l'embouchure de Plitowataïa, et enfin à dix kilomètres plus au nord environ, lors de notre descente sur Tépil depuis l'extrémité sud de Kwarkouche. Les trois recherches ont eu des résultats négatifs; nous avons déjà indiqué en effet l'insuccès de nos tentatives pour trouver des affleurements de dolomies le long de Lomovaya ou encore par les puits de Plitowataïa.

En ce qui concerne la rive droite, nous n'avons pas été plus heureux, comme on pourra le voir en lisant nos excursions au Stchoutchy. Pour être au clair cependant, nous avons fait sur cette rive trois batteries de puits, dirigées EO, et partant des points où des affleurements avaient été constatés sur la rive.

La première de ces batteries commence à trois verstes en amont de la petite isba que l'on rencontre sur la rive gauche en remontant Tépil depuis l'embouchure de la rivière Stchoutchy, elle se trouve à l'aval du confluent de B. Chirokaïa, et se compose de trois puits numérotés comme suit :

N° 1 à 3 mètres de la rive :
N° 2 à 150 mètres de 1 :
N° 3 à 150 » de 2 :

} Ces trois puits ne sont pas arrivés sur le sol en place, quoique leur profondeur ait atteint 4 mètres, ils ont rencontré une argile très grasse, avec des cailloux anguleux de quartzites.

La deuxième ligne se trouve à cinq verstes en aval de l'isba, elle se compose de cinq puits presque tous arrivés jusqu'au sol.

N° 1 à 15 mètres de la rive : Dolomies noires bitumineuses.
N° 2 à 80 » de 1 : Mêmes formations.
N° 3 à 80 de 2 :
N° 4 à 80 » de 3 : Dolomies noires bitumineuses.
N° 5 à 120 » de 4 : Quartzites blanches.

La troisième ligne se trouve à cinq verstes en aval de la première, elle est formée de onze puits.

N° 1 à 20 mètres de la rive : Dolomies grises litées en plaquettes.
N° 2 à 100 » de 1 : Dolomies grises avec débris de crinoïdes.
N° 3 à 100 » de 2 : Dolomies noires, bitumineuses, schisteuses, sans silex.
N° 4 à 150 » de 3 : Dolomies noirâtres.
N° 5 à 150 » de 4 : Dolomies grenues.
N° 6 à 150 » de 5 : Mêmes roches.

N° 7 à 150 mètres de 6 : Calcaires dolomitiques noirs schisteux.
N° 8 à 150 » de 7 : Dolomies grenues.
N° 9 à 100 » de 8 : Pas arrivé au sol.
N° 10 à 120 » de 9 : Bloc de diabase au fond du puits.
N° 11 à 120 » de 10 : Quartzites blanches, schisteuses et micacées, plongeant E très redressées.

Ces résultats montrent donc que les dolomies n'arrivent pas très loin vers l'est au delà de la rive, la troisième ligne rencontre en effet les quartzites à 1310 mètres de la rive gauche. Il semblerait donc que le synclinal est relativement très étroit, du moins dans la région indiquée, ce qui contraste fortement avec ce que nous apprendra le profil de la cluse de la Koswa relativement à ce même synclinal.

De toutes façons les observations de M. Krotow, comme les nôtres, établissent l'existence incontestable d'une longue bande de D^2 qui suit le cours de Tépil, depuis le confluent de B. Niezwa et de Pogwa à peu près, jusqu'à l'embouchure de Tépil. Nous ne savons rien de la largeur de cette bande dans la partie nord; dans la région sud elle ne paraît pas très large, du moins à quelques verstes en amont de Ust-Tépil.

Les dolomies de D^2 de cette bande affleurent constamment sur la rive gauche, sauf au voisinage de Pagarielka où *on trouve des conglomérats quartzeux très durs et des quartzites,* qui sont, comme nous le verrons, analogues aux formations de la crête du Stchoutchy, formations que M. Krotow attribue au D^1.

Les observations faites par cet auteur sur Pogwa confirment pleinement nos vues sur la constitution de la grande vallée comprise entre Kozmer et Pogwinsky-Kamen; celle-ci est très certainement un grand synclinal de schistes supérieurs, compris entre ces deux anticlinaux.

M. Krotow amorce le synclinal de Tépil dans la vallée de Soukhoï-Tépil, et le fait donc tourner fortement vers l'ouest; n'ayant pas traversé cette vallée, nous ignorons si on y rencontre ou non des dolomies, mais la chose nous paraît bien peu probable étant donné ce qui se passe dans la partie supérieure de la vallée d'Uls, où ces formations n'existent pas, ou mieux encore n'existent plus.

§ 6. *La crête du Stchoutchy-Adinoky.*

Nous avons visité à deux reprises la crête du Stchoutchy; la première fois, en 1902, nous sommes partis de l'embouchure de Priboïnaïa, affluent droit de Tilaï, et nous avons marché directement vers l'ouest à travers la forêt. Nous sommes

alors arrivés sur la crête, que nous avons suivie sur une assez grande longueur, puis sommes descendus sur Tépil en obliquant vers le S.-O. pour atteindre la rivière. La seconde expédition a été faite en 1904 en sens inverse, depuis Tépil. Nous avons passé plus au nord que la première fois, et sommes descendus sur Tilaï par une marche très oblique qui nous a conduit jusqu'à l'embouchure de Logwinska. Cette région est d'un accès assez difficile selon le point par où l'on veut effectuer la traversée, cependant comme toujours dans l'Oural, on réussit quand on veut y mettre le temps et faire les efforts nécessaires.

A l'embouchure même de Priboïnaïa, il n'existe pas d'affleurements, mais on trouve sous les arbres de nombreux débris de schistes verts qui forment certainement le sous-sol.

Depuis là, faute d'affleurements, on est réduit à faire de distance en distance des puits de recherche. Le premier a été fait à cinq verstes environ de la rivière Tilaï; il a rencontré des schistes verts avec nombreux lits de quartz, la roche est très froissée et plissottée. On traverse alors un léger repli de terrain, et l'on descend dans une petite vallée. A 800 mètres de la crête de ce repli, un nouveau puits a montré la présence de roches absolument analogues aux précédentes, avec lentilles de quartz caverneux et géodique sans doute primitivement chargées de pyrite qui s'est oxydée dans la suite. En continuant à descendre, on arrive au thalweg de cette vallée qui est occupé par une assez grande rivière coulant vers le S.-E.; cette rivière est Balchaïa, affluent de Tilaï. Son cours est faussement représenté sur la carte, elle s'amorce au flanc oriental du Stchoutchy, et coule presque parallèlement à Tilaï sur un assez long espace de son parcours.

Depuis Balchaïa, on recommence à monter assez fort, et l'on croise une région très marécageuse couverte de forêt abattue par le vent, et sillonnée de petites sources qui descendent sur Balchaïa; on trouve là encore des débris de schistes verts sous les arbres déracinés, puis ces schistes cessent et sont remplacés par des quartzites couleur café au lait, hâchées de nombreux filonnets de quartz blanc laiteux.

Il n'existe aucune formation transitoire entre les schistes verts et ces quartzites; faute d'affleurements on ne peut prendre ni direction, ni plongement précis; en tout cas le contact des deux roches ne peut passer bien loin. A la première apparition des quartzites, la pente augmente très brusquement, la forêt devient plus clairsemée, et l'on chemine pendant longtemps sur des dalles de quartzites, *accompagnées de débris de conglomérats quartzeux* qui ne se distinguent en rien de certaines variétés du Tscherdynsky-Kamen, pas plus sur le terrain que sous le microscope. Enfin on arrive sur la crête, que l'on peut suivre assez facilement du sud au nord. Partout on y voit affleurer la roche en place qui forme çà et là des tours et des obélisques

qui s'élèvent au milieu des sapins rabougris. Ces formes topographiques sont d'ailleurs identiques à Kozmer et à Antipowsky-Grébine dont nous parlerons ultérieurement. La crête est formée de quartzites blanches ou jaunâtres, à grain plus ou moins fin, avec ou sans mica, compactes ou schisteuses. Il y a là toute la série des types trouvés au Tscherdynsky, au Rastessky-Kamen ou à l'Aslianka ; les bancs bien lités et peu épais, alternent avec des conglomérats à cailloux de quartz d'un blanc laiteux, dont la dimension dépasse rarement celle d'un œuf de pigeon, ces conglomérats *sont d'ailleurs identiques à ceux de Pagarielka.* Les couches, comme l'arête, sont dirigées N-S., et plongent toujours vers l'est sous des angles de 30 à 40°.

Le sommet principal du Stchoutchy est lui-même formé par un gros piton de quartzite qui se dresse comme un obélisque; immédiatement au-dessous on trouve les conglomérats quartzeux.

Nous avons suivi la crête sur une assez grande longueur au nord du sommet principal, la disposition est toujours la même; à la jumelle on peut voir de là distinctement le sommet de l'Adinoky sur lequel nous ne sommes pas allés, mais qui évidemment est identique.

De la crête nous sommes descendus sur le versant est du Stchoutchy, qui forme une falaise rocheuse assez abrupte d'une cinquantaine de mètres, toujours formée par les bancs de quartzites et de conglomérats. Il ne saurait y avoir de doute possible, ces formations appartiennent sans conteste à la zone des quartzites et conglomérats, et pas au Dévonien inférieur dans lequel nous ne les avons jamais rencontrées; et cependant, comme nous le verrons dans la suite, nous avons littéralement couvert de puits toute la grande bande du dévonien inférieur de la Koswa. Le Stchoutchy est une réapparition orientale de la zone des quartzites et conglomérats du Tscherdynsky-Soukhoï, il forme un pli déjeté et sans doute rompu sur le flanc ouest, qui obéit à la loi générale indiquée. M. Krotow sur sa carte, figure le Stchoutchy en Dévonien D^1, ce qui l'entraîne comme nous le verrons, à établir des contours incompatibles avec la topographie et la tectonique observées.

Il n'y a aucun doute que Kozmer et Stchoutchy appartiennent à une seule et même zone pétrographique et tectonique; c'est toujours le même anticlinal oriental déjeté de conglomérats cristallins, qui présente partout les mêmes caractères jusque dans les plus petits détails; à Kozmer les schistes verts supérieurs arrivent jusque sur la crête, à Stchoutchy ils restent au flanc oriental de l'anticlinal.

Il se pourrait d'ailleurs que le dévonien inférieur se trouvât entre les conglomérats du Stchoutchy et la bordure orientale de la zone synclinale du D^2 de Tépil, aussi avons-nous examiné avec beaucoup de soin la nature du sol, de la crête jusque sur Tépil; la marche oblique que nous avons faite augmentait les chances de

trouver des affleurements. Malheureusement tel n'a pas été le cas, partout le sol est couvert, et les quelques puits que nous avons faits pour connaître la nature du sous-sol ont traversé une épaisse couche d'argile dans laquelle on trouve exclusivement des débris de quartzite, sans pouvoir arriver sur la roche en place. Nous avons à la descente croisé le cours de la rivière Stchoutchy que nous avons suivie alors, espérant y trouver des affleurements; nous n'avons pas été plus heureux, et de nouveaux puits faits en cours de route, n'ont pas rencontré autre chose que de l'argile et des blocs de quartzite d'une absolue uniformité; ce n'est qu'à une faible distance de l'embouchure de la rivière Stchoutchy que nous avons rencontré des affleurements de dolomie du D^2.

Il paraît donc plus que vraisemblable que les quartzites vont de la crête de Stchoutchy jusqu'à la bordure orientale du synclinal de D^2 sans interruption, ce fait serait d'ailleurs d'accord avec l'observation faite à l'embouchure de Pagarielka, où les conglomérats affleurent au niveau de la rivière. Comme la largeur de la bande de D^2 de la rive gauche de Tépil est très certainement faible, ce qui ressort de ce qui a été dit précédemment, il n'y a rien d'étonnant à voir à un moment donné les quartzites et conglomérats arriver jusqu'à la rivière.

Dans l'exploration de 1904, nous sommes partis de la rive gauche de Tépil, probablement en amont de l'embouchure de Talaïa, en marchant vers le SE. Sur trois verstes environ, nous n'avons pas rencontré un seul affleurement ou un seul caillou dans la forêt, nous avons alors croisé un petit ruisselet dont l'alluvion était exclusivement formée de blocs de quartzites et de conglomérats. A partir de là jusque sur la crête, on trouve fréquemment dans la forêt des débris des mêmes roches. Il est donc presque certain que là encore les quartzites et conglomérats arrivent tout près de Tépil. Sur la crête nous avons encore vérifié l'orientation NS des couches de quartzites et leur plongement E de 25 à 30°. Les conglomérats quartzeux y renferment des galets de la grosseur du poing, fréquemment étirés en lentilles, parfois le ciment est violacé comme au Soukhoï. Au sommet nous avons trouvé ce jour-là la cote 920 m., mais le temps était fort mauvais, en ramenant cette cote à la base de Sosnowka, et après corrections, elle se réduit à 860, ce qui nous paraît un peu fort cependant, car le Stchoutchy n'est jamais absolument pelé, la forêt y est seulement raréfiée. En descendant sur le flanc E de la crête, on trouve un certain temps encore les dalles de quartzites, puis immédiatement les schistes verts qui sont tout d'abord très quartziteux, puis deviennent ensuite plus chloriteux. Ces schistes se continuent jusque sur la rivière Tilaï.

En somme cette seconde excursion n'a fait que confirmer les résultats de la première.

CHAPITRE XII

La région du synclinal dévonien de Tépil (suite).

§ 1. Le synclinal de Tépil le long de la Koswa. — § 2. La continuation du synclinal de Tépil au sud de la cluse de la Koswa. — § 3. La continuation du synclinal au nord des sources de Tépil, les Poyassowoï-Kamen, Antipowsky-Grébine et la vallée d'Uls.

§ 1. *Le synclinal de Tépil le long de la Koswa.*

Nous avons bien des fois examiné avec le plus grand détail le profil naturel du synclinal de Tépil que l'on peut relever le long de la cluse de la Koswa, soit en remontant soit en descendant la rivière, soit seuls, soit en commun. Nos observations sont là encore absolument conformes à celles faites par M. Krotow. Nous commencerons la description de ce profil naturel depuis la rivière Tilaï, un peu en amont de son confluent avec la Koswa.

A deux verstes environ en aval du confluent d'Amoutachnaïa avec Tilaï, on voit affleurer des schistes grisâtres, très quartzeux, puis un peu plus en aval on trouve de véritables marbres blancs ou gris-bleuâtres, qui affleurent au bas sur la rive droite, et dont on trouve des blocs dans le lit de la rivière. Ces marbres sont micacés et appartiennent indiscutablement à la formation des schistes cristallins. En effet, à deux verstes environ du confluent de Tilaï avec Koswa, on voit sur la rive droite un petit affleurement où l'on observe des marbres schisteux gris, passant au cipolins puis au micaschistes par le développement progressif du mica, suivis par des schistes micacés très feuilletés; nous sommes donc ici encore dans la zone des schistes cristallins. Un peu en amont du confluent de Tilaï et Koswa, on observe des dolomies, compactes d'abord, qui passent à des dolomies moins grenues et bitumineuses dans lesquelles on trouve des fossiles. M. Krotow y cite Stromatopora concentrica, puis des Orthoceras, Pentamerus, et des coraux du genre Cyatophyllum.

En aval, à une verste et demie environ du confluent de Tilaï, on voit affleurer

des calcaires siliceux très foncés, noirâtres, avec d'abondantes veinules blanches; ils sont dirigés N 35° et plongent vers le N, puis viennent des calcaires gris-bleuâtres qui ressemblent absolument à certaines variétés de dolomies du D^2 avec des restes de brachiopodes; ils sont concordants avec les calcaires noirs. M. Krotow donne en cet endroit la série suivante que nous n'avons pas pu retrouver, le terrain ayant peut-être changé de configuration depuis lors :

Attribués au D^1 :

1° Calcaires argileux compacts gris-bleuâtres du D^2.
2° Grès quartziteux gris-sombre 0,4, pl. ENE 45 .
3° Calcaires argileux feuilletés, avec filonnets de quartz 0,7 m.
4° Quartzites 2,4 m.
5° Eboulis.
6° Calcaire argileux gris-bleuâtre, compact, avec Léperditia 5 m.
7° Grès quartzeux gris-verdâtre 1,50.
8° Eboulis.
9° Calcaire compact gris-bleuâtre avec filonnets de quartz.
10° Quartzites brunâtres terminant l'affleurement.

Sur la rive droite, à une verste à peu près en aval, on trouve un affleurement de calcaires gris-bleuâtres, très cristallins; puis à une verste environ plus bas, et en aval du confluent de Soukhaïa-Béresowka, on trouve des calcaires dolomitiques du D^2 bréchiformes, dirigés NS, et plongeant vers l'ouest de 35°. A peu près à une verste et demie de cet affleurement, on en trouve un nouveau sur la rive droite, formé de dolomies grenues blanchâtres ou grisâtres, qui constituent une falaise abrupte où en certains endroits on voit les couches fortement plissées et disloquées. La direction paraît être N 35° O, le plongement 45° vers l'O. La rivière Béresowka se jette dans la Koswa en aval de cet affleurement, à quelques centaines de mètres en amont de ce confluent, on retrouve sur la rive droite un très petit affleurement de dolomies grenues et compactes de couleur grise avec veinules de calcite, plongeant vers l'E, cette fois de 30°, les mêmes dolomies plus grossièrement grenues se voient encore à une verste et demie plus en aval, toujours avec un plongement E 15°. Près de Gloubokaïa, sur la rive gauche, on retrouve à nouveau les dolomies noires et bitumineuses avec fissures remplies de dolomie blanche, elles se voient également en aval du confluent de cette rivière, sur la rive gauche, puis à deux verstes environ en amont de l'embouchure de Kyria on retrouve de nouveau les calcaires dolomitiques bréchiformes gris-bleuâtres avec veinules de calcite, leur plongement est incertain à cause des clivages.

A 800 mètres environ en aval du confluent de Kyria et sur la rive gauche de la Koswa, on voit un affleurement de brèche dolomitique plongeant E 20°. Plus en aval, à l'endroit appelé Pétrouchina, à cinq verstes environ du confluent de Tépil, les calcaires dolomitiques sont d'un bleu noirâtre, très durs et compacts, les veinules de calcite y sont plus rares, les fossiles s'y rencontrent assez fréquemment.

Ces calcaires dolomitiques forment une paroi peu élevée qui domine la rive droite de la Koswa, les bancs lités y dessinent une série de petits anticlinaux et synclinaux successifs, coupés par des failles. On y rencontre fréquemment des fossiles tels que Favosites Goldfussi, Euomphalus, Stromatopora, etc.

A l'embouchure même du Tépil affleurent des calcaires noirs plongeant E 50°, puis plus en aval les affleurements dolomitiques cessent complètement, et le synclinal de Tépil prend sa fin avant le premier pointement de diabase que l'on trouve sur la rive gauche en continuant à descendre la Koswa.

Le profil que nous venons de donner montre que le long de la Koswa le synclinal de Tépil est fort large, et qu'il est formé par des dolomies grenues des divers types du D^2 plissotées en petits anticlinaux secondaires, généralement déjetés du côté ouest. Quand on passe de la zone cristalline orientale au synclinal de Tépil, c'est immédiatement les dolomies du D^2 que l'on rencontre, et nulle part on ne peut observer une série de roches analogues à celles qui forment la crête du Stchoutchy. *Celle-ci se termine donc au nord de la cluse de la Koswa, et plonge sans doute en profondeur sous les schistes cristallins de la zone orientale.* Reste la question des calcaires siliceux que l'on trouve presque immédiatement après le confluent de Tilaï, à l'ouest des dolomies de D^2; M. Krotow les attribue au D^1, ce qui impliquerait alors la nécessité d'un petit anticlinal de D^1 avec flancs de dolomies grenues du D^2; la chose est possible, mais il nous a paru bien difficile de pouvoir se prononcer sur ces calcaires, et nous préférons, jusqu'à nouvel avis, ne pas conclure sur un affleurement aussi petit et dont les roches manquent de fossiles.

§ 2. *La continuation du synclinal de Tépil au sud de la cluse de la Koswa.*

La continuation du synclinal de Tépil au sud de la Koswa ne fait aucun doute, la rivière Kyria coule en effet sur la plus grande partie de son cours sur les calcaires dolomitiques et les dolomies grenues. M. Krotow a relevé avec une grande exactitude les divers affleurements le long de Kyria, et nous-mêmes en 1900 avons à deux reprises suivi le cours de cette rivière, et constaté une fois de plus l'exactitude des observations de ce géologue; nous nous bornerons donc à donner un extrait

sommaire du chapitre de son livre qu'il consacre à Kyria, puis nous compléterons ces données par l'exposé des résultats nouveaux qui découlent de nos propres recherches.

Kyria prend sa source sur la ligne de partage, dans la zone orientale des schistes cristallins; elle coule tout d'abord en moyenne sensiblement du sud-est au nord-ouest en coupant obliquement cette zone, puis son cours devient presque est-ouest sur une certaine longueur; elle coule ensuite sur la plus grande partie de son cours et jusqu'à son embouchure vers le nord, ou mieux légèrement nord-ouest. Pour l'étude du synclinal de Tépil la partie supérieure du cours de Kyria n'offre aucun intérêt, aussi donnerons-nous l'extrait de la description de M. Krotow depuis le confluent de la rivière Gologouzka, affluent droit de Kyria.

En aval et en amont de ce confluent, sur la rive droite, affleurent des micaschistes tantôt riches tantôt pauvres en zones quartzeuses; ceux-ci se poursuivent sur une grande étendue, il faut sans doute les attribuer aux schistes cristallins. A 3 verstes en amont du confluent de Polkas affluent gauche, on voit affleurer, sur la rive droite, des schistes vert-jaunâtres avec bandes plus riches en quartz, puis des schistes quartzeux argilo-micacés. Cet affleurement est couvert d'éboulis; M. Krotow rapporte avec hésitation les roches en question aux schistes cristallins, on pourrait en faire également du D^1. A une verste en aval du confluent de Polkas, toujours sur la rive droite, affleurent les dolomies noires bitumineuses en couches épaisses plongeant ENE sous un petit angle. Elles renferment des fossilles, notamment des polypiers (Favosites, etc.); M. Krotow a suivi ce même horizon le long de Polkas encore beaucoup au sud. Ces mêmes dolomies se retrouvent à plusieurs reprises sur les rives jusqu'au confluent de Kamenka affluent gauche, et à une verste et demie de ce confluent les dolomies forment sur la rive droite de hautes falaises; elles sont noires ou gris-jaunâtre, et renferment des cristaux dans les fissures. Les couches sont épaisses et renferment des crinoïdes, des coraux et des bivalves; un affleurement semblable se trouve sur la rive gauche. Un peu plus bas en aval, près du confluent de la rivière Omoutachnaïa, affluent droit, on voit de nouveau les mêmes dolomies noires qui forment de hautes falaises; c'est près de là que se trouve l'ancienne mine d'Ouspiensky.

A six verstes et demie en amont du village de Rastess, les dolomies grenues ont un plongement NE de 20°; puis plus loin, un peu en amont du confluent d'Oslianka affluent gauche, les dolomies de couleur grisâtre foncée, à structure grenue, forment des falaises de 20 mètres; les cavités de ces dolomies sombres sont remplies de dolomie blanche.

L'affleurement suivant se trouve près du village de Rastess sur la rive gauche.

Il est formé de quartzites grises, grossièrement grenues, en couches épaisses, ces mêmes roches se retrouvent d'ailleurs sur l'arête qui vient entre Omoutachnaïa et le village de Rastess.

En face même du village et sur la rive droite, on voit un affleurement de dolomies noires bitumineuses à cavités remplies de dolomie blanche (dolomies bréchiformes), avec Favosites et Orthoceras; le village de Rastess lui-même est construit sur des grès quartziteux que M. Krotow attribue au D^1 (dont nous avons également constaté la présence sans toutefois être certains de leur âge).

A deux verstes en aval de Rastess, sur la rive droite, on trouve un nouvel affleurement appelé Storojewoï-Kamen qui s'élève à dix mètres au-dessus de la rivière; il est composé de dolomies noires fétides en couches épaisses; les mêmes dolomies affleurent à deux verstes plus en aval près de l'endroit appelé Touloumetz. (Nous les avons retrouvées à l'embouchure même de Soukhaïa-Kyria par un puits fait à sept mètres de la rive droite, et à une verste du confluent). En aval de Soukhaïa-Kyria affleurent, sur la rive gauche, des schistes cristallins très quartzeux et micacés, dirigés NNO-SSE, qui appartiennent à la zone des quartzites et conglomérats. Le dernier affleurement des dolomies est à une verste et demie du confluent de Soukhaïa-Kyria, à l'endroit appelé Criwoï-Plioss, il est formé par des dolomies noires terreuses et fragiles, puis par des dolomies bitumineuses noires, avec mouchetages de dolomie blanche.

Cet exposé montre que le long de Kyria les affleurements dolomitiques revêtent absolument le même caractère que ceux relevés le long de Tépil. Il reste à savoir si le synclinal est large dans cette partie sud et surtout si la large bande de dévonien inférieur figurée sur la carte de M. Krotow, bande qui s'avance jusqu'à Rastess, existe réellement.

Tout d'abord il faut remarquer que jusqu'à Rastess, les dolomies n'avancent pas loin vers l'ouest sur la rive gauche, car de ce côté on rencontre tout de suite les formations de la zone des quartzites; du côté de l'est, faute d'affleurements, il est impossible de rien préciser, aussi pour être fixés avons-nous fait depuis la rive droite de Kyria et en face du village, une batterie de puits espacés de 500 mètres, nous avons trouvé ce qui suit : Le premier puits est situé à 50 mètres environ à l'est de la rive de Kyria.

Puits n° 1. La roche en place est formée par les calcaires dolomitiques grenus très cristallins.

Puits n° 2. Au fond du puits, blocs de quartzites; il n'est pas possible de dire si c'est la roche en place.

Puits n° 3. Calcaire dolomitique.

Puits n° 4. Calcaire dolomitique.

Puits n° 5. Calcaire dolomitique très cristallin.

Puits n° 6. N'est pas arrivé sur la roche en place, le puits a traversé une argile jaune et ferrugineuse, renfermant des cailloux anguleux qui paraissent être de la dolomie décomposée.

Puits n° 7. Calcaire dolomitique noir schisteux.

Puits n° 8. N'est pas arrivé sur la roche en place, mais a traversé de l'argile contenant de nombreux débris de schistes verts chlorito-quartziteux.

Puits n° 9. Pas de résultat par suite des venues d'eau qui ont empêché de continuer le puits.

Puits n° 10. N'est pas arrivé sur le sol en place.

Puits n° 11. Situé sur la rive droite de Beresowka. La roche en place est formée par des schistes quartziteux verdâtres.

Puits n° 12. N'est pas arrivé jusqu'au sol, l'argile traversée renferme des débris de quartzite.

Puits n° 13. Probablement arrivé sur la roche en place formée par des schistes chloriteux verts.

Puits n° 14. Arrivé sur la roche en place formée par des calcaires dolomitiques gris clair.

Puits n° 15. Argile rouge avec nombreux débris de schistes verts au fond.

Puits n° 16. Au fond, débris de schistes verts.

Puits n° 17. Calcaires dolomitiques gris-clair en place.

Puits n° 18. Schistes verts en gros blocs au fond du puits.

Puits n° 19. Schistes chloriteux au fond du puits.

De ce numéro jusqu'à Soukhoï-Kamen, on ne rencontre que des schistes verts.

On peut déduire de ce profil les conclusions suivantes :

1° Il n'existe pas entre Rastess et la zone cristalline orientale, de dévonien inférieur caractérisé comme tel dans le synclinal de Tépil.

2° La largeur de la bande continue de dolomie formant le synclinal de Tépil ne dépasse guère trois à quatre kilomètres.

3° Au delà, vers l'est, on retrouve à plusieurs reprises des calcaires dolomitiques *qui paraissent isolés du milieu des schistes verts développés à l'est comme à l'ouest*, qui forment sans doute leur soubassement (des n°s 8 à 13 schistes verts, avec dolomies au n° 14, puis de nouveau schistes aux n°s 15 et 16 et dolomies au n° 17 avec retour des schistes verts aux n°s 18-19 et plus à l'est).

Les dolomies du synclinal de Tépil paraissent donc reposer ici sur un soubas-

sement de schistes verts, par place elles ont été complètement érodées, ce qui laisse alors affleurer leur soubassement naturel.

En tous cas la limite extrême de la bordure orientale de la zone dolomitique arrive au puits n° 17, puisque au delà les dolomies disparaissent; cela fait donc huit kilomètres à peu près pour la largeur initiale maxima du synclinal en cet endroit. Plus au sud, nous n'avons pas de données permettant de fixer la largeur de ce synclinal, nous dirons seulement que la non existence de la bande de D^1 intermédiaire entre les dolomies du D^2 et les schistes cristallins est encore confirmée par les propres observations de M. Krotow qui, à l'exception d'un affleurement de schistes douteux indiqués précédemment, n'a pas trouvé de roches pouvant être rapportées au D^1 sur les rives de Kyria entre les confluents des rivières Gologouzka et Polkas, où cependant Kyria aurait dû couper transversalement cette bande de dévonien inférieur.

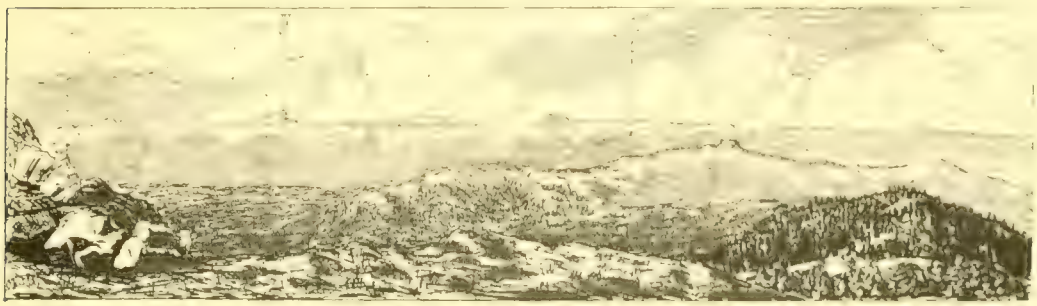
§ 3. *La continuation du synclinal au nord des sources de Tépil, les Poyassowoï-Kamen, Antipowsky-Grébine et la vallée d'Uls.*

Il s'agit maintenant de voir si le synclinal de Tépil se retrouve au delà des sources de Pogwa et de Soukhoï-Tépil, ou si au contraire on en perd toute trace vers le nord.

Nous avons déjà dit qu'à cinq ou six kilomètres au nord du Pogwinsky-Kamen commençait la grande chaîne rocheuse des Poyassowoï-Kamen, et nous avons déjà indiqué dans la partie topographique les positions relatives de Kozmer, de Kwarkouche et d'Antipowsky-Grébine par rapport à cette chaîne, nous n'y reviendrons pas.

Nous avons complètement exploré les Poyassowoï en 1904, c'est une des montagnes les plus curieuses que l'on puisse voir, car sur toute son étendue et de bas en haut jusqu'aux sommets les plus élevés, elle est découpée en terrasses étagées, qui lui communiquent un aspect absolument curieux et inconnu ailleurs. Notre but n'est pas d'entrer dans les détails de la géologie de cette chaîne qui, de même que Kwarkouche, sera étudiée à fond dans un autre ouvrage; nous dirons seulement qu'elle est entièrement formée de quartzites blanches et plus ou moins micacées du type de celles de l'Aslianka, et qu'elle forme une vaste voûte déjetée vers l'ouest. Une seconde chaîne parallèle mais beaucoup moins continue, vient à l'ouest des Poyassowoï et en est séparée par une vallée sans doute synclinale, dans laquelle

coule la rivière Liampa affluent d'Uls, qui la coupe ensuite transversalement. Cette chaîne est également formée de quartzites analogues et semblablement disposées. A l'ouest de cette seconde chaîne vient la grande vallée d'Uls, limitée de ce côté par la montagne de Kwarkouche, c'est dans la partie sud de celle-ci que vient mourir le prolongement septentrional de Kozmer. La rivière Uls qui coule entre Kozmer et Kwarkouche, suit après avoir dépassé Kozmer le flanc oriental de Kwarkouche, et se tient donc sur le bord occidental de la grande vallée, tandis que ses affluents droits qui descendent du Poyassowoï ou de la barre de Pogwa, traversent transversalement ou obliquement cette vallée. La vallée d'Uls, entre Kozmer et Antipowsky-Grébine, est entièrement formée par les schistes verts supérieurs aux quartzites. On ne trouve généralement que des débris de ces roches sous les arbres renversés, sur les rares affleurements observés, ces schistes plongent constamment vers l'est. Nulle part dans la vallée, du Poyassowoï au Kwarkouche, on ne trouve trace de cailloux de dolomie. Ceci est conforme à ce que nous avions déjà observé dans la vallée supérieure d'Uls, entre Kozmer et le Kwarkouche. Il semble donc, à première vue, que de l'autre côté



Vue de l'extrémité N. de Kwarkouche et d'Antipowsky-Grébine depuis les Poyassowoï-Kamen
I = Poyassowoï-Kamen. — II = Ouwal encaissant la rive gauche de Liampa. —
III = Antipowsky-Grébine. — IV = Chaîne de Kwarkouche. — 1 = Vallée d'Uls.

de la barre qui sépare Soukhoï-Tépil et Pogwa du bassin de la rivière Uls, le synclinal de Tépil a complètement disparu.

Antipowsky-Grébine forme une longue ride, qui apparaît dans la partie nord de la vallée entre Kwarkouche et le Poyassowoï, à l'est du cours de la rivière Uls. Venant du Poyassowoï pour nous rendre sur le Kwarkouche, nous avons à deux reprises traversé cette crête, en passant d'abord par dessus un petit ouwal qui se trouve entre celle-ci et la chaîne la plus occidentale du Poyassowoï. Cet ouwal est formé de schistes verts supérieurs plongeant vers l'est; la rivière Liampa passe dans la vallée qui le sépare d'Antipowsky, et contourne ensuite l'extrémité sud de cette dernière montagne. La crête d'Antipowsky-Grébine est entièrement *formée par des conglo-*

mérats quartzeux à galets de quartz blanc, de la grosseur d'un pois à celle d'un œuf de poule, ces galets sont étirés par place en lentilles, le conglomérat est en effet schisteux et légèrement gneissique par dynamométamorphisme. Les couches de conglomérat affleurent sur la crête, elles y forment de gigantesques dalles et rochers ruiniformes absolument analogues à ceux de Stchoutchy. Les couches sont dirigées sensiblement NS, avec plongement E de 25 à 30°. Sur le versant ouest, cette crête forme une falaise de 50 mètres environ, montrant comme au Stchoutchy également, la tranche des bancs de conglomérats, puis plus à l'ouest, la montagne, toujours comme au Stchoutchy, offre une pente douce, et les affleurements cessent dès lors. La hauteur d'Antipowsky est d'après nos déterminations répétées de 840 mètres; nous avons traversé cette arête beaucoup plus au sud également, là où elle s'abaisse considérablement; en cet endroit nous avons trouvé des schistes quartziteux verts à la place des conglomérats, ce qui est normal.

En descendant sur le flanc ouest d'Antipowsky, nous avons suivi une ligne EO, tracée dans la forêt par les usines de Koutim pour faciliter l'exploitation des bois, cette ligne qui traverse la rivière Uls et qui se continue sur le flanc est de Kwarkouche, passe par un affleurement rocheux qui forme falaise sur la rive droite de cette rivière; cet affleurement est formé par schistes verts dirigés NS, et plongeant E 35°.

Il résulte donc de ces observations qu'Antipowsky-Grébine forme un anticlinal de conglomérats cristallins, rompu et déjeté sur son flanc ouest; cet anticlinal qui est peut-être faillé, affleure en boutonnière au milieu des schistes verts de l'horizon supérieur qui flanquent les conglomérats à l'est comme à l'ouest.

Antipowsky-Grébine qui est incontestablement la continuation topographique de la ride Stchoutchy-Kozmer[1], en est également la continuation géologique, et l'identité se retrouve non seulement dans la nature des formations géologiques, mais encore dans les plus petits détails de la tectonique.

Un peu au nord du point d'intersection de la ligne que nous avons suivie pour arriver sur Antipowsky, la disposition de la crête change, et si l'on suit le cours de la rivière Uls, on trouve bientôt sur la rive droite des affleurements souvent considérables de dolomies noires et bitumineuses du D^2, qui remplacent ici les schistes verts dans la vallée synclinale comprise entre le flanc ouest d'Antipowsky et le flanc est de Kwarkouche. La plupart des affleurements que l'on rencontre en descendant vers l'aval sont sur la rive droite, c'est le D^2 typique du synclinal de Tépil, il se continue sur toute la longueur du cours de la rivière. La bande de dévonien moyen d'abord

[1] Kozmer vient en effet au S.-O.-E. d'Antipowsky.

étroite, s'élargit en allant vers le nord comme on peut le vérifier en remontant la rivière Koutim depuis son embouchure ; cette rivière coupe en effet transversalement la totalité des formations du synclinal en cet endroit. En descendant la rivière Uls depuis le confluent en question, on a constamment à sa droite des falaises de roches dolomitiques d'un aspect parfois très pittoresque, puis à six ou sept verstes en amont environ du confluent de Pélia, ces dolomies cessent par le fait que la rivière traverse en cluse l'extrémité nord de Kwarkouche, il est aisé de voir cependant que celles-ci contournent cette extrémité, car après avoir traversé la cluse, on retrouve les dolomies qui forment un peu en amont de l'embouchure de Pélia, en face de la charbonnerie des usines de Koutim, une *série de petits plis-faille analogues à ceux que nous avons déjà décrits le long de la Kosica à Pétrouchina.* Le Dévonien moyen moule complètement l'extrémité septentrionale de Kwarkouche, nous l'avons retrouvé en effet dans la vallée de Pélia, sur le versant ouest de l'extrémité nord de cette chaine, à sept kilomètres environ en amont des « oreilles de Pélia ».

La vallée inférieure et moyenne de la rivière Uls est donc occupée par un synclinal de D^2 reposant sur un soubassement de schistes verts, ce synclinal est la continuation directe de celui de Tépil, ce qui ressort à l'évidence de l'examen de la topographie, comme aussi du caractère même de ce synclinal ; si la bande dévonienne n'est pas continue de l'embouchure de Tépil à celle d'Uls, c'est que sans doute dans la région limitrophe de la selle qui sépare la vallée de Soukhoï-Tépil de celle d'Uls, l'érosion a fait disparaître ce dévonien en mettant à nu son soubassement de schistes cristallins.

§ 4. *Résumé général de la tectonique de la région synclinale de Tépil.*

Comme on a pu s'en convaincre par la lecture des paragraphes qui précèdent, nos observations nous conduisent à une interprétation totalement différente de celle de M. Krotow pour la zone synclinale de Tépil et pour les régions limitrophes, et nous obligent à changer totalement aussi la disposition des contours géologiques figurés sur la carte au $^1/_{420000}$. La cause première de ces divergences réside dans l'inexactitude de la carte topographique. M. Krotow a en effet relevé les affleurements principalement le long des rivières, et a fait naturellement peu d'ascensions, ce qui se comprend aisément étant donné l'immensité du territoire qu'il a parcouru et relevé ; il a sans doute relié ensuite entre eux les divers affleurements observés, pour tracer les contours de sa carte géologique. Tous les affleurements qu'il décrit sont relevés avec un soin méticuleux, mais le cours des rivières étant inexact, de même que la dispo-

sition des chaînes, les contours faits dans ces conditions ne peuvent nécessairement pas correspondre à la réalité. La topographie de ces régions est souvent fort difficile à débrouiller, les distances à parcourir sont énormes, et la forêt masque tout. Nous avions vu distinctement depuis les Poyassowoï la disposition topographique de Kwarkouche, de Kozmer et d'Antipowsky, mais pour avoir la certitude, nous sommes allés partout, et c'est la raison pour laquelle nous avons suivi Kwarkouche sur toute sa longueur; dès le début nous avons eu l'intuition que Kozmer Antipowsky et Stchoutchy formaient une longue et même grande ride anticlinale, et que le dévonien d'Uls et de Tépil appartenait à la même bande synclinale, mais nous avons tenu à vérifier séparément chaque montagne, tant il est aisé de se tromper dans les conditions où l'on est forcé de travailler faute d'une carte topographique passable. Partout où la carte est à peu près exacte, les contours de M. Krotow le sont également, et nous avons souvent éprouvé la plus vive admiration pour ce savant, qui a parcouru seul cette immense contrée, et a très souvent vu juste du premier coup, malgré les difficultés de toute espèce que l'on rencontre à chaque pas dans un pays d'accès difficile, sans population, couvert de forêts et de marécages, où l'on ne peut compter que sur soi-même pour vivre et se diriger, et où faute d'une carte passable, on doit faire soi-même une topographie approximative avant de songer à comprendre quelque chose à la géologie de la contrée.

La chaîne du Soukhoï-Tscherdynsky ne se termine pas, comme nous l'avons vu, au Soukhoï, mais elle se continue sans interruption du sud au nord, et devient alors celle de Kwarkouche. Elle est formée sur toute son étendue de quartzites de types variés, mais que nous rapportons sans hésitation aux formations de la zone des quartzites et conglomérats. Cette chaîne constitue une grande ride anticlinale, formée selon toute vraisemblance par deux ou plusieurs anticlinaux distincts, déjetés vers l'ouest. La réapparition plus orientale des mêmes formations donne naissance à une seconde ride anticlinale, celle de Stchoutchy-Kozmer-Antipowsky. Cette ride qui présente une apparente solution de continuité entre Stchoutchy et Kozmer, puis entre Kozmer et Antipowsky, cesse un peu en amont de la cluse de la Koswa, et ne réapparaît pas plus au sud. Elle est formée par un anticlinal déjeté vers l'ouest, qui est probablement rompu et faillé sur ce flanc; d'un bout à l'autre de la ride et jusque dans les plus petits détails, cet anticlinal garde les mêmes caractères. Les conglomérats ou quartzites qui en forment le cœur affleurent au milieu des schistes verts qui se retrouvent constamment au flanc oriental, tandis qu'au flanc occidental, ils paraissent s'arrêter à la hauteur du confluent de Pogwa, autant qu'il est permis d'en juger.

Entre les deux anticlinaux de Kwarkouche et de Stchoutchy-Kozmer-Anti-

powsky, se trouve une grande zone synclinale dans laquelle coule au sud la rivière Tépil, et au nord la rivière Uls : cette zone est occupée par les dolomies du D^2 qui reposent sur un soubassement de schistes verts ou de quartzites. Ce dévonien moyen ne paraît pas être accompagné de dévonien inférieur sur les deux flancs du synclinal, il est même très probablement discordant sur son soubassement, ce qui semble résulter de ce que nous avons vu sur la ligne de puits Rastess-Soukhoï-Kamen, comme aussi sur Tépil. Le synclinal sédimentaire présente de nombreux froissements qui y ont fait naître une série de plis à faible rayon de courbure, généralement faillés ; sa largeur est assez variable, et si l'on tient compte de ce que l'on voit le long de la Koswa où il est très large et à Pagarielka où il est au contraire fort réduit, on peut conclure qu'il présente sans doute des renflements et étranglements successifs ; de toute façon le synclinal de Tépil nous paraît moins large que M. Krotow ne l'a figuré sur sa carte. Le dévonien sans doute enlevé par érosion, fait défaut dans la partie supérieure de la vallée d'Uls (et probablement aussi de Soukhoï-Tépil) ; les schistes verts affleurent en effet seuls dans le synclinal entre Kwarkouche et Kozmer, puis ensuite dans la vallée d'Uls au-delà de l'extrémité septentrionale de cette montagne ; ce dévonien réapparaît cependant beaucoup plus au nord, dans la vallée synclinale comprise entre Antipowsky et Kwarkouche qui est tout d'abord formée par les schistes verts toujours disposés en synclinal, puis il se poursuit sans discontinuité et en s'élargissant toujours plus, jusqu'à l'extrémité nord de Kwarkouche qu'il enveloppe de tous côtés. Comme tectonique, la zone synclinale dévonienne d'Uls affecte exactement les mêmes caractères que celle de Tépil : elle est plissottée en petits anticlinaux et synclinaux généralement faillés.

Au sud de la Koswa, l'anticlinal oriental de Stchoutchy ayant disparu, le dévonien du synclinal est délimité à l'est par les schistes verts de la zone orientale ; les puits de la ligne de Rastess semblent indiquer l'existence de lambeaux dolomitiques isolés sans doute par l'érosion au milieu des schistes verts.

Au nord du confluent de Pogwa au contraire, l'anticlinal de Kozmer est suivi d'un second anticlinal plus oriental, constituant une deuxième zone de quartzites, cet anticlinal forme le Pogwinsky-Kamen, il trouve sa continuation directe dans la voûte du Poyassowoï-Kamen.

Le synclinal compris entre les deux anticlinaux forme la vallée de Pogwa, il est occupé par les schistes verts. Au nord de l'extrémité septentrionale de Kozmer ce synclinal se réunit à celui d'Uls, pour former la grande vallée comprise entre la partie sud du Poyassowoï et la chaîne de Kwarkouche ; il redevient de nouveau distinct entre les Poyassowoï et le flanc oriental d'Antipowsky-Grébine, nous ne l'avons pas suivi au-delà.

La structure géologique de la région synclinale de Tépil est donc d'une remarquable simplicité, l'allure des grandes voûtes de quartzites qui forment les trois lignes anticlinales de Soukhoï-Kwarkouche, du Stchoutchy-Kozmer-Antipowsky et de Pogwinsky-Kamen-Poyassowoï est très uniforme, elle contraste fortement avec la disposition des plis de la grande bande dévonienne de la Koswa dont il sera question ultérieurement, mais rappelle au contraire beaucoup l'allure peu tourmentée des plis carbonifères de la zone subouralienne.

CHAPITRE XIII

La zone cristalline orientale.

§ 1. Généralités sur la topographie de cette zone. — § 2. La région des sources et le cours supérieur des rivières Koswa et Kyria. — § 3. La rivière Tilaï et ses affluents. — § 4. Le Soukhoï-Kamen. — 5. Composition minéralogique et structure des schistes cristallins. — § 6. Monographie de quelques échantillons étudiés. — § 7. Résumé général relatif à la pétrographie et à la tectonique de la zone cristalline orientale.

§ 1. *Généralités sur la topographie de cette zone.*

La zone orientale des schistes cristallins n'est point une région de hautes montagnes; elle comprend toute la contrée située: au nord, entre la crête du Stchoutchy et la chaîne de Koswinsky-Tilaï; au sud, entre la bordure orientale du synclinal de Tépil et la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes. La plupart des tributaires de la Koswa, comme cette rivière elle-même, prennent leur source dans cette zone qui est presque plate, car c'est à peine si à distance on peut y distinguer çà et là quelque ride peu accusée, qui sépare généralement les lits de deux rivières voisines. Toute cette vaste région est boisée, et les sillons des nom-

breux cours d'eau qui l'arrosent ne sont révélés que par l'abondance plus grande des bouleaux le long de leurs rives, la couleur claire de leur feuillage tranchant en effet sur le fond sombre formé par les conifères. Le seul relief un peu important que l'on peut observer est formé par la longue crête du Soukhoï-Kamen. Celle-ci prend naissance à la hauteur du confluent de Pharkowka, et se poursuit du nord au sud sur une grande longueur; elle est boisée sur toute son étendue, car nulle part elle n'atteint la hauteur de la limite de végétation.

Les affleurements rocheux sont rares dans cette région, on les rencontre principalement sur les rivières, comme aussi sur la crête du Soukhoï-Kamen.

§ 2. *La région des sources et le cours supérieur des rivières Koswa et Kyria.*

Ces deux rivières prennent naissance sur la ligne de partage, qui forme ici une barre très plate, boisée et marécageuse, dont la hauteur d'après nos déterminations ne dépasse guère 480 à 500 mètres. Nulle part on n'y rencontre d'affleurements de roche en place, mais les blocs anguleux de schistes verts généralement assez quartzeux et chloriteux, abondent dans la forêt sous les arbres renversés. Sur la Koswa elle-même, ces affleurements ne commencent guère qu'à une distance assez grande en aval des sources de la rivière, dans le voisinage du confluent de la rivière Balchaïa son premier affluent gauche; nous les avons relevés avec grand soin, et nos observations là encore sont conformes à celles de M. Krotow. Un peu en aval du confluent de Balchaïa, on voit affleurer des schistes de couleur claire, plus ou moins micacés ou séricitiques, riches en nodules de quartz, qui plongent de 30° environ vers l'est. Les mêmes roches se retrouvent à quelques verstes en amont du chemin de Rastess à petite Koswa, les schistes y sont d'apparence argileuse, gris jaunâtre, micacés, et plongent vers l'est de 50° environ. A une verste en amont du chemin et sur la rive droite, on trouve encore les schistes chloriteux gris-verdâtre et froissés plongeant toujours vers l'est, et renfermant de nombreux filons de quartz; enfin en aval du chemin les mêmes schistes chloriteux gris-verdâtre, très quartzeux et fortement redressés, réapparaissent cette fois sur la rive gauche. C'est le dernier affleurement que l'on trouve alors avant d'arriver aux diabases qui affleurent, comme nous l'avons déjà indiqué, depuis le confluent de la petite Koswa jusqu'au voisinage de l'embouchure de Pharkowka.

Tout près de celle-ci, on voit un joli affleurement de schistes chloriteux et séricitiques très froissés, qui dessinent un petit anticlinal secondaire, sur le jambage duquel on voit s'appuyer d'abord des schistes noirs graphitiques, puis des schistes

calcaires, et enfin des schistes argilo-séricitiques gris jaunâtre. Ces schistes sont pour nous des formations appartenant au dévonien supérieur, qui est ici concordant avec les schistes chloriteux et forme sans doute un petit synclinal pincé.

Les schistes chloriteux sont traversés également en cet endroit par un filon de diabase, qui les modifie très localement en les durcissant et les feldspathisant. Les pointements de diabases sont d'ailleurs nombreux en cette région et se retrouvent sur les deux rives. Près de l'embouchure de Tzenkowka on retrouve les schistes chloriteux formés de bandes alternativement riches en quartz et en chlorite. Ils sont dirigés NS et plongent vers l'est de 30° environ. A l'embouchure même ils se redressent à 45°; un peu en aval, on peut voir que ces schistes sont traversés par un filon de diabase dont on trouve encore des restes dans le lit de la rivière.

Les schistes séricitiques riches en quartz succèdent à ces schistes chloriteux au point où la Koswa tourne vers l'ouest, ils sont suivis par un affleurement très étendu des mêmes schistes de couleur vert foncé, très chloriteux, et plongeant toujours vers l'est de 45° environ. Au point où la Koswa commence à couler vers le nord, on retrouve encore les mêmes schistes chloriteux dirigés NS et plongeant toujours vers l'est. De là jusqu'au confluent de Kroutaïa, on voit encore plusieurs affleurements de schistes verts sur les deux rives; un peu en aval du dit confluent, ces schistes très froissés forment des petites falaises couvertes de pins et de sapins.

En aval du confluent de Kroutaïa, sur la rive gauche, les schistes chloriteux très riches en quartz affleurent à nouveau, ils plongent de 20 à 25° toujours vers l'est.

A partir de là jusqu'au point où on rencontre les dolomies, on trouve encore plusieurs affleurements de schistes sur les deux rives. Ceux-ci sont très quartzeux, plus ou moins micacés ou chloriteux, et toujours fortement froissés. Leur plongement se fait constamment vers l'est, leur position vis-à-vis des dolomies qui leur fait suite n'est pas possible à établir sur les affleurements visibles le long de la rivière.

Ce qui a été dit des sources de la Koswa s'applique également à celles de Kyria. Nous avons en effet remonté le cours de cette rivière depuis les anciens placers sans pouvoir trouver un seul affleurement. Cependant dans les nombreux puits que nous avons foncés, nous avons toujours trouvé dans l'alluvion comme dans le matériel du bed-rock, des débris de schistes verts très chloriteux, parfois aussi des cailloux de diabase. Les quelques affleurements que nous avons pu relever se trouvent sur la route qui conduit aux placers, et surtout à proximité du village. Là on trouve en deux endroits les schistes verts dirigés N 10° O avec un plongement de 50° vers l'est, les schistes sont quartzeux et séricitiques.

§ 3. *La rivière Tilaï et ses affluents.*

La rivière Tilaï est, comme nous l'avons dit, formée de deux artères qui se réunissent, l'une s'appelle Tilaï, l'autre Jewskaïa. Toutes deux proviennent de la ligne de partage, elles sont séparées l'une de l'autre par un long ouwal boisé. Nous n'avons pas exploré la rivière Tilaï en amont de son confluent avec Jewskaïa; la description des affleurements qu'on y rencontre est d'ailleurs donnée *in extenso* par M. Krotow. Ils consistent exclusivement en schistes cristallins très quartzeux et chloriteux, avec lits et nodules de quartz.

Nous avons rencontré les mêmes schistes sur la rivière Jewskaïa, depuis sa jonction avec Tilaï jusqu'au confluent de Palnitschnaïa. Les affleurements se trouvent sur la rive droite qui forme volontiers falaise, ils sont assez nombreux. Les schistes dirigés NNO-SSE, plongent toujours vers l'est sous des angles compris entre 40 et 46°; ils sont de couleur vert clair, bien lités, relativement peu quartzeux, et se retrouvent également fort en amont du confluent de Palnitschnaïa.

En avant du confluent de Jewskaïa, sur la rive droite de Tilaï et entre les deux affluents appelés Detkowa et Priboïnaïa, les schistes verts dirigés NS et plongeant de 55° vers l'est, forment un petit affleurement, puis plus en aval ces schistes disparaissent des rives de Tilaï, et la rivière coule alors dans les diabases dynamométamorphosés de l'embouchure de Garéwaïa dont il a été question dans le premier volume de ces recherches. Cependant à quelques centaines de mètres en amont du confluent de Logwinska, les schistes réapparaissent de nouveau sur la rive droite.

Ils sont gris noirâtre, très feuilletés, et ressemblent beaucoup à certaines variétés de D^1. Les couches sont dirigées NNO-SSE et presque verticales. En aval de Logwinska et jusqu'à l'embouchure de Sosnowka, les affleurements que l'on rencontre sur la rive gauche sont formés par les diabases. Le premier d'entre eux se trouve en aval de l'embouchure de la grande Sosnowka, sur la rive gauche également; il est formé de schistes quartzeux très froissés, plongeant vers l'est. L'affleurement qui suit se trouve à l'embouchure de Balchaïa. Ces schistes très chloriteux et de couleur vert pâle, plongent vers l'est sous des angles variables, ils sont bien lités et passablement froissés; les mêmes roches se rencontrent encore plus en aval, mais sur la rive gauche cette fois, puis près du confluent d'Amutachnaïa en aval comme en amont; ils y sont très froissés et toujours quartzeux. A partir de là, Tilaï rencontre les marbres schisteux, puis les dolomies dont il a été parlé précédemment.

§ 4. *Le Soukhoï-Kamen.*

Sur la carte géologique $^1/_{420000}$, le Soukhoï-Kamen est colorié en péridotites d'après les indications de M. Zaetzeff. Dans une première excursion faite en 1900 sur cette montagne, nous avons vainement cherché ces péridotites. Une seconde expédition faite quelques jours après ne fut pas plus heureuse. En 1902 nous fîmes au Soukhoï une troisième excursion sans plus de succès que les précédentes; nous admettons donc que les péridotites n'existent pas au Soukhoï-Kamen.

Partis d'abord de l'embouchure de Pharkowka, nous avons suivi la Koswa et gagné l'extrémité nord du Soukhoï. On ne trouve tout d'abord pas d'affleurements, mais plusieurs puits faits à partir de la rive gauche jusqu'à 2 verstes environ de celle-ci vers le sud, ont toujours rencontré les schistes verts en place formant le sous-sol.

Les premiers affleurements apparaissent près de la crête sous forme de pitons rocheux, abrupts du côté de l'ouest et montrant de ce côté les couches sur leur tranche. Ils sont formés de schistes verts dirigés NNO-SSE, et plongeant vers l'est de 40-45°. La crête elle-même est formée par une série de pitons semblables alignés à peu près NS; elle est très abrupte du côté de l'ouest, et par contre disposée en pente douce vers l'est.

Partout cette crête est formée de schistes verts très quartzeux; nous l'avons suivie jusqu'au point où elle s'abaisse au col par lequel passe le chemin de Rastess, puis nous sommes descendus alors sur le flanc occidental de la montagne. Là, des puits que nous avons fait exécuter, ont rencontré les schistes verts, et nulle part les péridotites. Nous sommes ensuite remontés sur le Soukhoï en continuant à cheminer vers le sud sur la longue crête. Nulle part nous n'avons trouvé d'affleurements, mais un puits fait à 3 verstes au sud du chemin de Rastess, a rencontré de nouveau les schistes verts en place.

Dans les deux autres excursions nous avons gagné la crête du Soukhoï par le chemin de Rastess, puis nous avons marché au sud, en suivant une ligne qui passait à l'ouest de la crête, et à une faible distance de celle-ci. A une verste environ du chemin, on trouve un premier affleurement de schistes verts dirigées NS et plongeant est de 70° environ, ces affleurements se continuent plus au sud sur une longueur de 4 verstes à peu près, le plongement des couches est constamment vers l'est, les angles oscillent entre 50 et 60°. Nous avons suivi ces affleurements jusqu'au point où la crête du Soukhoï s'abaisse vers la rivière Balchaïa, puis sommes revenus par

la base du flanc ouest de la montagne, en faisant creuser plusieurs puits dans la forêt ; nous avons toujours trouvé des débris de schistes chloriteux très quartzeux, ou des pointements des mêmes roches en couches plongeant vers l'est.

Il résulte de ces observations que le Soukhoï-Kamen tout entier est en schistes verts, et paraît former un pli rompu sur le flanc ouest suivant la règle générale; les schistes du Soukhoï sont d'un type remarquablement quartzeux, mais ne se distinguent en rien de ceux qui affleurent sur la Koswa ou les autres rivières.

§ 5. *Composition minéralogique et structure des schistes cristallins.*

Il est probable que la zone orientale des schistes cristallins présente des types pétrographiques nombreux et variés, mais il est incontestable que dans leur très grande majorité, ces roches appartiennent à la série des schistes chloriteux toujours très riches en quartz, car la chlorite n'y fait pour ainsi dire jamais défaut, pas plus que le quartz. Presque toujours l'origine nettement détritique de ces formations se révèle du premier coup à l'examen microscopique, et si l'on supprimait les étiquettes, deux échantillons provenant l'un du niveau supérieur de la zone des quartzites, l'autre de la zone orientale des schistes cristallins, ne pourraient être distinguées par le même observateur. Les minéraux qui se trouvent dans ces schistes sont en petit nombre ; ce sont : la magnétite, le leucoxène, le zircon, la tourmaline, la calcite, la chlorite, le mica blanc et le quartz, puis très rarement les feldspaths.

La magnétite peut être très abondante ou faire complètement défaut. Elle se présente d'habitude en petits grains opaques, rarement en octaèdres réguliers, elle est généralement disséminée régulièrement comme une poussière et est accompagnée parfois par de l'oligiste.

Le leucoxène est rare, et n'a été rencontré que dans certaines variétés seulement. Il forme des petits amas de grains grisâtres presque opaques, que l'on prendrait facilement pour des produits de décomposition de nature ferrugineuse. Avec une bonne immersion homogène, on reconnaît cependant la véritable nature de ces amas, et on y voit sur certains grains une bisectrice positive avec axes très rapprochés et des anneaux d'interférence.

Le zircon n'est pas fréquent également, il se rencontre en petits grains grisâtres à fort relief, donnant une croix noire positive uniaxe.

La tourmaline est assez constante dans les variétés très quartzeuses, elle se présente en débris informes, sur lesquels il est bien difficile de reconnaître un contour. Certains cristaux sont cependant encore allongés suivant l'axe vertical; souvent

ils sont construits par zones concentriques diversément colorées, qui présentent les profils habituels donnés par les sections perpendiculaires à la zone prismatique. La tourmaline est uniaxe négative, son polychroïsme se fait habituellement comme suit : n_g = brun-foncé, presque noir, n_p = jaunâtre très pâle. La biréfringence $n_g - n_p = 0{,}019$.

La calcite se présente généralement sous forme de jolis rhomboèdres d'assez grande taille par rapport à celle des éléments constitutifs. Ils sont dispersés parmi ces derniers, rarement ils sont disposés en des amas localisés. Ce même minéral peut devenir très abondant et forme à lui seul la grosse majorité des minéraux constitutifs.

Chlorite. La chlorite se rencontre sous des formes assez peu différentes. Rarement on la trouve en grande lamelles, d'habitude elle se présente en petites paillettes qui, sur les sections perpendiculaires à la schistosité, apparaissent comme de tout petits filaments grisâtres et très minces, tandis que sur les sections parallèles à celle-ci, ces paillettes ont la forme de petites lamelles parfois hexagonales, mais plus souvent à contour irrégulier. La chlorite présente des propriétés optiques très uniformes, elle est simplement plus ou moins colorée selon les spécimens. Parfois elle est d'un beau vert d'herbe, souvent aussi elle est à peine teintée, mais toujours très peu biréfringente et fortement dispersive. Les lamelles sont généralement uniaxes et négatives; le polychroïsme appréciable se fait comme suit :

n_g = verdâtre pâle $\qquad$ n_p = vert foncé.

Mica blanc. Le mica blanc (nous appelons ainsi l'élément micacé qui se rencontre dans la plupart de ces roches), se présente en lamelles de dimension généralement plus grande que celle de la chlorite. Ces lamelles sont d'habitude orientées parallèlement, et forment des traînées. En lumière naturelle, elles sont très légèrement brunâtres, presque incolores, et s'éteignent de 0 à 1 ou 2 degrés du clivage p = (001). Les lamelles parallèles à p = (001) donnent une bissectrice aiguë négative, avec deux axes optiques excessivement rapprochés; certaines lamelles sont presqu'uniaxes. La biréfringence du mica est toujours élevée, et varie entre 0,03 et 0,04. L'élément micacé forme avec la chlorite des associations intimes, on observe en effet fréquemment de longs rubans parallèles, formés par l'enchevêtrement des deux minéraux; les lamelles composantes sont visibles par la différence de leur coloration, et surtout par l'application de la lumière polarisée; les lamelles de chlorite restent obscures, celles de mica polarisent dans les teintes vives.

Le quartz est l'élément généralement le plus abondant, nous verrons les différentes formes qu'il peut affecter en examinant les divers types pétrographiques.

Les feldspaths sont excessivement rares, nous les avons trouvés dans quelques spécimens seulement, soit à l'état de galets microscopiques, soit à l'état d'éléments constitutifs. Les schistes feldspathiques paraissent d'ailleurs former une catégorie toute spéciale, dont l'origine est bien différente de celle des schistes verts. Dans certaines roches, ces feldspaths sont basiques et appartiennent à la série des labradors; dans d'autres ils sont au contraire acides, et de la série des albites-oligoclases.

Voici maintenant la série des principaux types pétrographiques que nous avons rencontrés :

I. Schistes-chloriteux à structure clastique.

Nous donnons cette appellation à des schistes chloriteux toujours excessivement quartzeux, qui sont pour nous de véritables quartzites à petits éléments recristallisés.

Le caractère détritique de ces formations est toujours accusé par la présence de petits galets microscopiques de quartz à contour arrondi ou anguleux, qui sont dans la plupart des cas étirés légèrement sous forme de lentilles dont les grands axes sont orientés parallèlement au plan de la schistosité. Ces galets sont souvent broyés, et prennent alors une disposition particulière en plages à extinctions onduleuses, puis la compression allant plus loin, ils se résolvent en une mosaïque de quartz. La proportion de ces petits galets microscopiques est très variable, ils sont parfois fort abondants, d'autres fois très rares. La masse dans laquelle ils sont répartis est toujours essentiellement quartzeuse, et formée d'une multitude de petits grains de quartz à contour irrégulier, articulés les uns dans les autres, et mêlés très régulièrement à des petites lamelles de séricite orientées rigoureusement parallèlement. Il existe de nombreux rubans formés par l'association intime de mica blanc prédominant avec un peu de chlorite. Parfois les deux éléments associés sont microlamellaires, d'autres fois les lamelles d'élément micacé sont de plus grande taille.

Dans la masse chlorito-quartzeuse on observe fréquemment des grains opaques d'éléments ferrugineux, puis des grains de zircon, et aussi des débris de tourmaline. De plus il existe fréquemment dans ce type des rhomboèdres de calcite très réguliers et assez gros, disséminés un peu partout.

Ce type paraît être excessivement fréquent sur toute l'étendue de la zone, il est bien développé au Soukhoï-Kamen, par exemple, comme aussi sur la Koswa.

II. Schistes quartzo-chloriteux à structure rubannée.

Ces variétés, toujours essentiellement quartzeuses, ne renferment plus trace de galets et d'éléments clastiques. Elles sont entièrement cristallines et formées de jolis

grains polyédriques de quartz de dimension absolument uniforme, réunis à de rares paillettes de chlorite vert-pâle, et à quelques grains opaques d'élément ferrugineux. Le quartz grenu forme le fond de la roche, sa pâte en quelque sorte. Dans celle-ci on trouve alors de nombreux rubans parallèles froissés et plissottés formés par l'association d'élément micacé blanc incolore, avec de la chlorite. Les ondulations et les contournements de ces rubans sont soulignés par des traînées ferrugineuses opaques. Ce sont ces rubans qui communiquent à la roche une structure parallèle bien visible sous le microscope; nulle part on ne trouve de preuves de l'origine détritique première de celle-ci, quoiqu'elle ne soit pas douteuse cependant. Ces types alternent avec les premiers et y passent latéralement par des formes transitoires nombreuses.

III. Schistes-chlorito-séricitiques.

Ces roches, toutes différentes des types qui précèdent, ne renferment également pas de débris d'origine clastique. Elles sont formées en majorité par des petites écailles et lamelles de chlorite vert-grisâtre, associées en plus ou moins grande quantité avec des lamelles et des filaments d'un élément séricitique fortement biréfringent, qui moulent et enveloppent complètement des petits grains de quartz. Sur les sections parallèles à la schistosité, ces grains présentent des contours généralement arrondis, sur les sections perpendiculaires à celle-ci, ils forment de fort jolies petites lentilles dont les grands axes sont orientés parallèlement, lentilles qui sont enveloppées de toute part et emprisonnées pour ainsi dire dans la chlorite et la séricite. Ces variétés comportent d'habitude du leucoxène en abondance, disséminé très régulièrement comme une poussière, on y rencontre jamais de calcite ni de tourmaline.

IV. Schiste calcaréo-chloriteux.

Ce type passe au calcaire cristallin. Il est formé par la réunion grenue de grains cristallins de calcite toujours de beaucoup prédominante, avec des grains de quartz. Dans cette masse on trouve de longs et larges rubans discontinus et parallèles qui communiquent la schistosité. Ceux-ci sont formés de chlorite verte, associée à un peu de quartz et à des éléments ferrugineux disposés en traînées. La chlorite est d'habitude assez largement cristallisée et d'un beau vert d'herbe.

V. Schistes séricitiques francs.

Ce type est exclusivement formé de grains ferrugineux réunis à une multitude de paillettes séricitiques disposées parallèlement et incolores. La séricite n'est jamais associée à de la chlorite comme c'est généralement le cas, ce minéral se rencontre cependant — mais alors en petites lentilles parfaitement circonscrites, formées par des sphérolithes centro-radiés.

VI. Schistes chloriteux feldspathiques.

Sur le terrain ces variétés ne se distinguent guère des précédentes, en réalité elles sont absolument différentes et représentent incontestablement le produit d'écrasement dynamo-métamorphique d'une roche éruptive de la série des gabbros, ou même des diabases grenus ou ophitiques. Sous le microscope elle sont parfaitement schisteuses, et formées par des bandes très froissées et contournées de chlorite, alternant avec des plagioclases complètement étirés de la série des labradors. La chlorite provient de l'augite dont il existe encore de nombreux noyaux lenticulaires.

On trouve encore un certain nombre d'autres types secondaires, mais ceux que nous venons de décrire sont de beaucoup les plus fréquents. Les roches quartziteuses sont les plus banales, les autres types sont moins répandus.

§ 6. *Monographie de quelques échantillons étudiés.*

N° 2148. Sommet du Soukhoï-Kamen.

Cette roche schisteuse, verdâtre, est formée essentiellement par des petits grains de quartz, mêlés assez régulièrement à des petites lamelles de chlorite d'un vert sale. Des lamelles de beaucoup plus grande taille d'un mica légèrement brunâtre et fortement biréfringent, souvent mêlées à un peu de chlorite, forment des espèces de longs rubans très minces et étroits, qui communiquent à la roche une disposition feuilletée manifeste. Ce mica s'éteint à 0° du clivage; sa biréfringence $n_g = n_p$ est normale. Dans cette masse de composition très homogène, il existe un ou deux petits galets de quartz à contour dentelé, puis de nombreux rhomboèdres de calcite isolés, ou groupés en amas, et enfin quelques rares débris de tourmaline brune, polychroïque.

N° 2149. Soukhoï-Kamen, près du sommet.

Type tout à fait semblable au précédent, formé comme lui de galets de quartz en petit nombre, disséminés dans une masse quartzeuse finement grenue à structure parallèle, formée par l'association de petits grains de quartz avec du mica blanc et de la chlorite. Les galets sont à extinctions onduleuses, plusieurs d'entre eux sont écrasés et forment des lentilles allongées dans le sens de la schistosité, formées de plages diversément orientées et à extinctions onduleuses également. L'élément lamellaire forme des traînées parfaitement parallèles au sein de la masse grenue quartzeuse. Il est représenté par des lamelles d'une chlorite d'un beau vert, polychroï-

ques, puis des lamelles plus grandes d'un mica blanc ou légèrement brunâtre, biaxe, à axes très rapprochés, de signe optique négatif et de biréfringence n_g-n_p = 0,04. On trouve également quelques grains de zircon uniaxe positif, puis un ou deux gros rhomboèdres de calcite.

N° 94. Sommet du Soukhoï-Kamen.

Type analogue au N° 2149, mais plus schisteux et plus micacé.

Les galets plus petits et plus rares, sont complètement écrasés, les traînées micacées parallèles sont notablement plus abondantes ainsi que la chlorite. Par place on distingue des petits amas de quartz polyédrique, dont les grains sont plus gros que ceux des éléments de la masse, et qui sont certainement le restant d'une plage écrasée. Quelques grains de zircon, et probablement d'éléments ferrugineux.

N° 95. Sommet du Soukhoï-Kamen.

Cette roche se rapproche encore plus des quartzites que les précédentes. Elle renferme un grand nombre de galets dentelés, à extinctions onduleuses, étirés en lentilles dans le plan de la schistosité, et disposés dans la masse quartzo-micacée. Plusieurs de ces galets sont complètement écrasés et se résolvent en lentilles à éléments polyédriques. Le mica est plutôt rare, la chlorite est plus abondante et se trouve en petites lamelles isolées, disposées parallèlement à la schistosité. La chlorite est très uniformément mêlée au quartz.

N° 93. Sommet du Soukhoï.

C'est un type tout différent des précédents. La roche est rubannée et très riche en chlorite. Les galets ont disparu, et toute la masse est uniformément constituée par des zones parallèles qui alternent, et se distinguent simplement par une plus ou moins grande pauvreté en chlorite, ces deux éléments étant toujours entièrement associés, le quartz en petits grains, la chlorite en lamelles. Il existe également de longs rubans filamenteux d'un élément séricitique. La roche est très froissée, on y observe une multitude de plissottements et contournements microscopiques, soulignés par les zones riches en chlorite, et par des traînées opaques formées par les éléments ferrugineux.

N° 2147. Sommet du Soukhoï-Kamen.

Cette roche est un prototype de schiste chloriteux détritique. Sous le microscope elle présente une structure parallèle très marquée ; la chlorite non localisée en rubans, mais au contraire très intimement mêlée au quartz, se présente en pe-

tites lamelles qui, perpendiculairement à ($p = 001$), paraissent grisâtres et très ténues tandis que parallèlement à p elles sont irrégulières ou même hexagonales, et d'un joli vert clair. Cette chlorite est toujours uniaxe, très peu biréfringente, et polychroïque dans les tons déjà indiqués. A côté de la chlorite on trouve en abondance des lamelles de mica blanc beaucoup plus grosses, et alignées en traînées parfaitement parallèles. Ce mica blanc est absolument incolore, très biréfringent (0,04 pour n_g-n_p) s'éteint à 0°, il est à deux axes très rapprochés (presque uniaxe) et de signe optique négatif. Le quartz en petits grains très réguliers et polyédriques, forme l'élément principal; çà et là on trouve un grain quatre à cinq fois plus gros que les autres, qui n'est autre chose qu'un tout petit galet, toujours étiré et allongé dans le sens de la schistosité.

Il existe également mêlés au quartz, quelques jolis octaèdres et grains de magnétite, puis des nombreux débris assez gros de tourmaline uniaxe négative, très polychroïque, avec n_p = brun noirâtre très foncé n_g = jaunâtre très pâle, et en quelques sections arrondies d'un minéral cubique incolore avec un relief assez fort, que nous attribuons au grenat.

N° 2157. Sur la Koswa.

C'est également un schiste chloriteux détritique très quartzeux. Il est formé par l'association parallèle de très petits grains de quartz, avec de toutes petites lamelles de chlorite très uniformément mêlée a ce dernier.

Il existe en outre de nombreux petits galets de quartz de forme et de dimensions variées, disséminées irrégulièrement dans la masse, puis quelques grosses lentilles couchées dans le plan de la schistosité et formées exclusivement de plages de quartz à extinctions onduleuses, ces lentilles sont d'anciens galets de plus grande dimension, écrasés par dynamométamorphisme. Parfois ces galets sont absolument méconnaissables et se transforment en petites lentilles de quartz polyédrique, dont les grains sont de dimension supérieure à celle du même minéral dans la masse du schiste. Il existe également des rubans de mica blanc plutôt rares, quelques grains de fer oxydulé, puis un ou deux prismes de tourmaline.

N° 54. Sur la Koswa.

Roche d'un type différent, appartenant toujours à la catégorie des schistes chloriteux.

Elle est formée par un agrégat de tout petits grains de quartz polyédrique de dimension très uniforme, et de quelques rares et petites lamelles de chlorite verte.

Dans cette masse il existe alors des rubans très froissés et parallèles formés par de grosses lamelles de chlorite d'un beau vert, associée à du mica blanc moins abondant, avec caractères habituels. Les multiples plissottements et les contournements de ces rubans chlorito-séricitiques sont soulignés par de longues traînées opaques, formées par du fer oxydulé très abondant, mais localisé plus particulièrement au voisinage de ces rubans.

N° 99. Sur la Koswa.

C'est encore un schiste chloriteux mais à éléments excessivement fins et uniformes. Le quartz est mêlé assez régulièrement, avec la chlorite verte, et sur les préparations perpendiculaires à la schistosité on ne voit pas d'orientation parallèle des éléments, cependant il y a des régions où la chlorite domine, d'autres où c'est le quartz. Cette roche est surtout caractérisée par le développement exagéré du fer oxydulé qui, en petits grains irréguliers, est disséminé partout à profusion et obscurcit même par place complètement les préparations.

N° 2159. Sur la Koswa.

Cette roche est bien plus une quartzite schisteuse à petits éléments qu'un schiste chloriteux.

Au microscope, elle est formée de petits grains anguleux de quartz de grosseur uniforme, mêlés à des petits débris assez nombreux à contour dentelé qui sont des arènes plus grossières, puis à de petites paillettes de chlorite et à quelques lamelles plus grandes de mica blanc, le tout accusant une disposition parallèle manifeste. Il existe également des lentilles et des rubans étroits formés par la réunion des grains polyédriques de plus grande dimension que ceux qui forment le fond de la roche ; ils sont mêlés à de nombreux grains et rhomboèdres de calcite.

N° 2150. Sur la Koswa.

Ce schiste rappelle absolument certaines variétés de la couverture cristalline du Mont-Blanc.

Il est formé de très petits éléments, de nature essentiellement chloriteuse. Sur les coupes parallèles à la schistosité, on voit les toutes petites lamelles de chlorite grisâtre et presque incolore former un caneva continu, dans les minuscules mailles duquel se trouvent des petits grains de quartz à contour flou et indécis.

Sur les coupes parallèles, la structure feuilletée du schiste ressort à merveille par le fait de la présence de longues et minces traînées parfaitement parallèles et légèrement froissées, formés par des éléments opaques, grisâtres, sans doute de na-

ture argileuse. Ce type est évidemment moins cristallin que ceux précédemment décrits.

N° 2158. Sur la Koswa.

Schiste chloriteux très quartzeux, ou mieux quartzite schisteuse chloriteuse. La roche est formée par l'association de quartz polyédrique prédominant, avec des petites lamelles de chlorite verdâtre alignées parallèlement ; très peu de fer oxydulé, puis quelques lamelles de mica blanc. Il existe de très nombreux petits galets de quartz couchés dans le plan de la schistosité ; quelques-uns plus grands que les autres, sont écrasés en lentilles allongées formés alors par des grains de quartz polyédrique. Une ou deux sections de tourmaline.

N° 63. Rive gauche de la Koswa.

Schiste chloriteux tout différent. Il est formé par d'abondantes lamelles de chlorite d'assez grande dimension, formant en certains endroits un réseau continu, dans les cryptes duquel le quartz est localisé, en d'autres par contre disséminée parmi les grains de ce minéral qui présente les phénomènes de recristallisation d'une manière typique.

Sur les coupes parallèles à la schistosité, on voit les grains de quartz qui ne sont plus polyédriques, mais qui ont des contours dentelés dont le bord flou s'emboîte dans les contours correspondants de la chlorite.

N° 2156. Sur la Koswa.

Véritable quartzite schisteuse, passant au schiste cristallin. Au microscope elle est formée par l'association très finement grenue de quartz avec des minces rubans de mica blanc orientés parallèlement, puis çà et là quelques gros grains de magnétite. La coupe renferme de nombreux et assez gros galets arrondis de quartz, généralement un peu étirés dans le sens de la schistosité, et présentant des extinctions onduleuses. La roche est manifestement recristallisée, les éléments de la masse mordent dans le contour dentelé des galets.

N° 74. Près du village de Kyria, roche en place.

Schiste chlorito-séricitique typique, formé par une association très régulière de toutes petites lamelles de chlorite verte, de paillettes biréfringentes ou légèrement brunâtres formées par de la séricite, et de tout petits grains de quartz. L'élément chlorito-séricitique beaucoup plus abondant que le quartz, moule et entoure complètement les petits grains arrondis de ce minéral.

Çà et là on trouve quelques grains de fer oxydulé, puis une grosse lentille qui,

en coupe mince et en lumière naturelle est incolore, tandis qu'en lumière polarisée elle se montre formée d'une multitude de grains polyédriques de quartz de dimension plus grande que celui qui est associé à la chlorite dans la masse.

N° 47. Sur la rivière Tilaï.

Schiste chloriteux et séricitique formé par la réunion de chlorite, de séricite, de quartz, et d'une multitude de grains grisâtres à peine translucides de leucoxène. La chlorite forme l'élément prépondérant, elle est disposée en traînées parallèles très serrées, associées à un peu de séricite qui y est très intimement liée. Le quartz bien moins abondant que la chlorite, est en grains formant de très petites lentilles allongées et couchées parallèlement aux rubans de chlorite. Les grains de leucoxène sont dispersés comme une poussière dans la roche, en lumière convergente ils donnent une bissectrice aiguë positive avec un angle d'axe très petit.

N° 180. Rive de Jewskaïa.

Cette roche est de nouveau d'un type très particulier. Elle est formée par du feldspath complètement écrasé et indéterminable mais qui probablement appartenait à une variété acide, mêlé à peu de quartz, à quelques petits grains de fer oxydulé, et à quelques rares rhomboèdres de calcite. Dans cette masse on trouve quelques traînées parallèles rares d'ailleurs, d'un élément micacé verdâtre fortement biréfringent, puis quelques lentilles formées par la réunion de grains de quartz polyédrique avec de gros rhomboèdres de calcite. La roche renferme encore çà et là quelques grains de ce minéral.

N° 49. Roches qui affleurent sur la rive droite de la Koswa, à l'embouchure de Balchaïa.

Cette roche absolument schisteuse, qui ne se distingue en rien *a priori* sur le terrain des schistes chloriteux, est cependant toute différente et correspond sans doute à un diabase écrasé par dynamo-métamorphisme. Sous le microscope elle est parfaitement schisteuse et formée par des bandes gris-verdâtres froissées et chargées de produits ferrugineux opaques, qui alternent avec d'autres parfaitement incolores. En lumière polarisée les bandes grises ou verdâtres sont formées par de la chlorite mêlée à un minéral fortement biréfringent, toujours étiré dans le sens de la schistosité, et formant noyau. Ce dernier est de l'augite par ses propriétés optiques, et l'on peut voir admirablement la naissance de la chlorite au détriment de ce minéral. Les parties claires sont formées par un feldspath complètement étiré, en bandelettes froissées et en lentilles allongées, qui par endroit se pénètrent intime-

ment avec la chlorite et l'augite; la variété est basique et de la série des labradors. La roche de Balchaïa est donc un diabase schisteux par dynamométamorphisme, passant au schiste chloriteux.

N° 77. Sur la Koswa.

Roche très analogue à la précédente, mais présentant un stade de transformation plus complet.

Sous le microscope elle est excessivement froissée et contournée, les froissements sont soulignés par des produits argileux grisâtres et opaques. En lumière polarisée on ne voit plus trace de feldspath, mais une masse argileuse qui polarise en agrégat et qui présente toujours une disposition parallèle. Il reste quelques rares débris d'augite, puis des grandes plages de chlorite presque incolore qui la remplacent. On trouve aussi, mêlés aux éléments argileux froissés, une multitude de petites lamelles biréfringentes qui sont d'origine micacée, mais indéterminables.

N° 97. Sur la Koswa.

Cette roche ressemble beaucoup au n° 49. Elle est formée comme lui par des petits grains de quartz, associés à des lamelles de chlorite à peine colorée, et à une grande quantité d'éléments ferrugineux disséminés régulièrement parmi le quartz, ou plus particulièrement concentrés selon certaines bandes.

N° 98. Sur la Koswa.

Cette roche est toute différente de celles qui précèdent, c'est un véritable schiste séricitique.

Sous le microscope elle est exclusivement formée de grains ferrugineux, réunis à une multitude de paillettes et lamelles de séricite disposées parallèlement. La séricite est incolore, elle n'est jamais associée à de la chlorite, mais on trouve cependant des nids parfaitement conservés occupés exclusivement par ce dernier minéral qui affecte alors la disposition de petits sphérolithes centro-radiés.

N° 2155. Sur la Koswa.

Cette roche est une variété de schiste chloriteux excessivement riche en calcite.

N° 176. Rive droite de Jewskaïa.

Ce schiste, très particulier, est formé par une série de lentilles allongées et couchées parallèlement formées par du quartz grenu polyédrique, réunies par une masse à structure parallèle, de couleur grisâtre en lumière naturelle, formée par

des produits kaoliniques associés à de nombreux grains d'épidote. La roche renferme de jolies et grandes lamelles de chlorite d'un beau vert, qui se rencontrent exclusivement au milieu des lentilles quartzeuses. Cette chlorite est polychroïque et très faiblement biréfringente.

N° 56. Schiste récolté à l'embouchure de Tzenkowka.

Cette roche est composée en grande majorité par la réunion de grains de quartz et de calcite, le premier minéral beaucoup moins abondant que le second.

Dans cette masse on trouve des traînées et des rubans parallèles formés par la réunion de belles lamelles de chlorite verte avec des grains de quartz, des produits ferrugineux opaques, puis des grains leucoxénitiques.

§ 7. *Résumé général relatif à la pétrographie et à la tectonique de la zone cristalline orientale.*

L'exposé forcément incomplet qui précède montre que toute la zone orientale des schistes cristallins est fortement plissée, et constituée par des plis à petits rayons de courbure sans doute très comprimés et toujours déjetés vers l'ouest. Ce caractère tectonique se retrouve d'ailleurs dans la région du dévonien inférieur de la Koswa; il contraste avec l'allure régulière des voûtes de quartzites et de conglomérats de la zone cristalline occidentale. Nulle part sur toute l'étendue de la zone orientale des schistes, on ne voit réapparaître les quartzites au cœur des anticlinaux; par contre les observations que nous avons faites sur la Koswa en aval de l'embouchure de Pharkowka, comme aussi sur la rivière Tilaï en amont du confluent de Logwinska, ou encore dans la vallée de Pogwa, sembleraient indiquer que les schistes noirs du dévonien inférieur peuvent se rencontrer à l'intérieur de la zone orientale des schistes cristallins métamorphiques, sans doute pincés en synclinaux aigus.

Quant aux schistes cristallins eux-mêmes, leur origine ne saurait être mise en doute, ce sont d'anciens sédiments très quartzeux et parfois calcaires, qui ont été plus ou moins complètement métamorphosés, et se rattachent par conséquent étroitement aux quartzites et aux conglomérats francs de la zone occidentale. Il n'existe dans toute la région que nous avons parcourue de 1900 à 1902, comme aussi dans celle qui vient beaucoup plus au nord, pas un seul type de véritable schiste cristallin au sens strict donné à ce mot. Sur sa carte au $^1/_{420000}$, M. Krotow a figuré dans l'extrémité nord de la chaîne de Kwarkouche et aux sources de la rivière Pélia, un horizon inférieur aux quartzites et conglomérats qu'il qualifie de gneiss. Nous avons

effectivement rencontré ces roches dans le fond du ravin de Pélia, mais nous avons constaté sur le terrain comme sous le microscope, qu'elles gardent une origine franchement détritique et ne se distinguent pas de certaines variétés de quartzites ou de conglomérats schisteux.

Toute la zone orientale est donc formée par d'anciens sédiments en majorité quartzeux et parfois même plus ou moins calcaires, recristallisés par un métamorphisme incontestable, mais dont il reste à rechercher l'origine. Discuter celle-ci c'est reprendre *ab ovo* la question de la genèse des schistes cristallins; l'Oural du nord, mieux peut-être qu'aucune contrée, se prête à cette étude, nous attendrons cependant pour l'entreprendre la publication des recherches que nous avons faites dans les régions plus septentrionales du bassin supérieur des rivières Kakwa Wagran et Soswa, où nous avons pu faire des observations du plus vif intérêt pour la solution de cette importante question.

De toute façon, la liaison des roches de la zone cristalline orientale avec celles qui forment la zone des quartzites et des conglomérats est incontestable; le microscope montre en effet que les roches de l'horizon supérieur de cette dernière sont pétrographiquement identiques à celles que l'on trouve dans la zone orientale. Cette conclusion purement pétrographique est corroborée par les observations faites sur le terrain. Nous avons vu en effet qu'au Stchoutchy comme à Kozmer et à Antipowsky, les schistes verts de la bordure orientale reposent directement en concordance sur les quartzites et conglomérats qui forment le cœur des anticlinaux; il s'en suit que : ou bien il faut homologuer ces quartzites et conglomérats aux mêmes roches du Tscherdynsky-Soukhoï, etc., et par conséquent homologuer aussi les schistes verts de la zone orientale aux formations de l'horizon supérieur de la zone des quartzites et conglomérats; ou bien il faut attribuer avec M. Krotow les quartzites et les conglomérats de Stchoutchy au dévonien inférieur, et alors supposer l'existence d'une grande faille, ayant amené le contact anormal des schistes verts et du D^1 qui serait ainsi partiellement chevauché par ces dernières, ce qui nous semble absolument contraire à la réalité.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

PRÉFACE 383

DIVISION DU TRAVAIL ET INDICATIONS GÉNÉRALES. 385

BIBLIOGRAPHIE. 387

QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE I. — TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE DE LA CHAINE DE TILAÏ-KANJAKOWSKY-CÉRÉBRIANSKY 389

§ 1. Généralités sur la topographie . . 389

§ 2. La chaîne de Tilaï, crête, sommets et flanc occidental. 391

§ 3. La chaîne de Kanjakowsky-Cérébriansky 395

§ 4. Le flanc oriental de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky et les chaînons latéraux qui s'en détachent. 396

§ 5. Le flanc occidental de la chaîne du Kanjakowsky-Cérébriansky et le flanc oriental de l'extrémité de la chaîne de Tilaï 398

§ 6. La ligne de partage et le système hydrographique 399

CHAPITRE II. — GÉOLOGIE DE LA CHAINE DU TILAÏ-KANJAKOWSKY-CÉRÉBRIANSKY . 403

§ 1. L'épaulement rocheux et le flanc Sud-Ouest des pointes de Garéwaïa . . 403

§ 2. La crête de la chaîne de Tilaï . 404

§ 3. Le chaînon latéral A 405

§ 4. Le chaînon latéral B et la région des sources de B. Katécherskaïa . . 406

§ 5. Le Kanjakowsky et la région des sources de Poloudniéwaïa 407

§ 6. La pointe Loss et le chaînon latéral C. 408

§ 7. Le massif du Cérébriansky, le chaînon latéral D et les contreforts rocheux qui s'avancent sur Poloudniéwaïa. 408

§ 8. Résumé de la géologie de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky-Cérébriansky . 409

CHAPITRE III. — DESCRIPTION DES ROCHES DE TILAÏ. LES PYROXÉNITES ET LES KOSWITES . 411

§ 1. Description pétrographique des pyroxénites 411

Pages.

§ 2. Monographie des types étudiés . . 415

§ 3. Composition chimique des pyroxénites 417

§ 4. Minéraux constitutifs et structure des koswites 418

§ 5. Monographie des types étudiés 421

§ 6. Composition chimique des koswites 423

§ 7. Considérations générales relatives aux pyroxénites et aux koswites 424

CHAPITRE IV. — DESCRIPTION DES ROCHES DE TILAÏ. LES TILAÏTES 425

§ 1. Description macroscopique des tilaïtes et minéraux constitutifs. 425

§ 2. Structure et transformations 431

§ 3. Monographie des types étudiés . . . 433

§ 4. Composition chimique 440

§ 5. Formes de passage aux gabbros proprement dits, structure et composition. 441

§ 6. Formes de passage aux pyroxénites 446

§ 7. Considérations générales relatives aux tilaïtes. 448

CHAPITRE V. — DESCRIPTION DES ROCHES DE TILAÏ. LES NORITES 450

§ 1. Minéraux constitutifs des norites . 450

§ 2. Structure et phénomènes d'altération . 456

§ 3. Principales variétés observées. . . . 457

§ 4. Monographie des types étudiés . . . 458

§ 5. Composition chimique des norites et formule magmatique 464

§ 6. Considérations générales relatives aux norites 467

CHAPITRE VI. — DESCRIPTIONS DES ROCHES DE TILAÏ. LA DUNITE MASSIVE. LES GABBROS OURALITISÉS DU CÉRÉBRIANSKY . . . 467

§ 1. La dunite massive, description pétrographique et composition chimique . 467

§ 2. Les gabbros ouralitisés, minéraux constitutifs et structure 470

§ 3. Monographie de quelques types étudiés. 476

§ 4. Composition chimique et formule magmatique des gabbros ouralitisés . 478

§ 5. Considérations générales relatives aux gabbros et au phénomène de l'ouralitisation 480

Pages.

CHAPITRE VII. — DESCRIPTION DES ROCHES DE TILAÏ 484
§ 1. Généralités sur la formation filonnienne 484
§ 2. Les dunites filonniennes, composition et structure 486
§ 3. La « garéwaïte », minéraux constitutifs, structure et composition chimique . 487
§ 4. Les berbachites et leurs formes de passage aux microgabbros. (berbachites à olivine). 490
§ 5. Les diorites-pegmatites à hornblende, minéraux, structure, composition, et différentes variétés. 494

CHAPITRE VIII. — LA PROVINCE PÉTROGRAPHIQUE DU KOSWINSKY-TILAÏ 502
§ 1. Tableau des formules magmatiques de la série des roches abyssales étudiées, et observations qui se dégagent de son examen 502
§ 2. La série filonnienne, tableau des formules magmatiques, relations entre les roches filonniennes et abyssales 506
§ 3. Considérations générales relatives à la série éruptive du Koswinsky-Tilaï . 508

CHAPITRE IX. — LA ZONE DES QUARTZITES ET CONGLOMÉRATS. 512
§ 1. Considérations générales relatives à la zone des quartzites et conglomérats . 512
§ 2. Description et étude pétrographique des formations de la zone des quartzites et conglomérats 516
§ 3. Le Mont Soukhoï 521
§ 4. La montagne du Tscherdynsky . 523
§ 5. Le Mont Ostry 525
§ 6. Résumé et tectonique relatifs à la partie nord de la zone des quartzites, du Touloum au Soukhoï. . . 527

CHAPITRE X. — LA ZONE DES QUARTZITES ET CONGLOMÉRATS (suite) 528
§ 1. Le Dikar et les montagnes qui viennent à l'Est. 528
§ 2. La cluse de la Koswa et les rapides de Touloum 531
§ 3. La montagne de Domaschny-Kamen 534
§ 4. La montagne de Boyarskaya, le Rastessky-Kamen et la crête de Chaloupiak . . . 534
§ 5. La montagne de l'Aslianka 538

Pages.

§ 6. La montagne de l'Adinoky 541
§ 7. La grande dépression qui vient à l'est de l'Adinoky 542
§ 8. Les ouwals qui viennent à l'Est de l'Aslianka. 542
§ 9. Résumé général relatif à la tectonique et à la stratigraphie de la zone des quartzites et conglomérats 544

CHAPITRE XI. — LA RÉGION DU SYNCLINAL DÉVONIEN DE TÉPIL 546
§ 1. Aperçu relatif à la topographie de la région de Tépil et de la contrée qui lui fait suite vers le nord 546
§ 2. Les montagnes qui avoisinent les sources de Pogwa 550
§ 3. L'arête de Kozmer et les vallées de Pogwa et de Soukhoï Tépil. . . . 554
§ 4. La chaine de Kwarkouche et son prolongement vers le Sud 557
§ 5. Les affleurements le long du cours de Tepil 561
§ 6. La crête du Stchoutchy-Adinoky . . 566

CHAPITRE XII. — LA RÉGION DU SYNCLINAL DÉVONIEN DE TÉPIL (suite) 570
§ 1. Le synclinal de Tépil le long de la Koswa. 570
§ 2. La continuation du synclinal de Tépil au sud de la cluse de la Koswa . 572
§ 3. La continuation du synclinal au Nord des sources de Tépil, les Poyassowoï-Kamen, Antipowsky-Grébine et la vallée d'Uls 576
§ 4. Résumé général de la tectonique de la région synclinale de Tépil 579

CHAPITRE XIII. — LA ZONE CRISTALLINE ORIENTALE 582
§ 1. Généralités sur la topographie de cette zone 582
§ 2. La région des sources et le cours supérieur des rivières Koswa et Kyria . 586
§ 3. La rivière Tilaï et ses affluents . . . 585
§ 4. Le Soukhoï-Kamen 586
§ 5. Composition minéralogique et structure des schistes cristallins 587
§ 6. Monographie de quelques échantillons étudiés 591
§ 7. Résumé général relatif à la pétrographie et à la tectonique de la zone cristalline orientale 598

EXPLICATION DE LA PLANCHE 33

N° 1053. Pyroxénite, pointe sud de Garéwaïa. Lumière polarisée grossissement 25 diam. Structure caractéristique des pyroxénites.

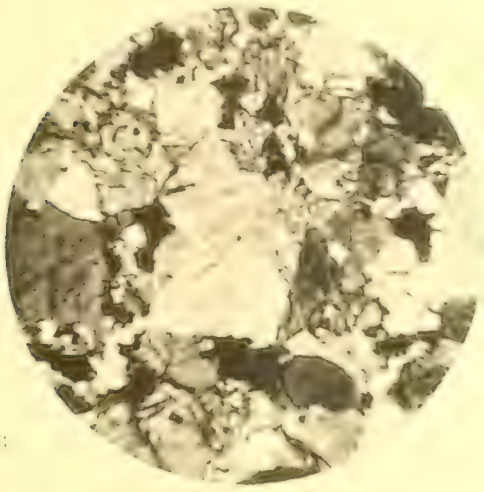
N 1129. Koswite. Prolongement de Tilaï, au delà de la pointe Poloudniéwaïa. Lumière polarisée, grossissement = 25 diam. Nombreuses plages de magnétite sidéronitique.

N 166 *r*. Tilaïte. Entonnoir des sources de Garéwaïa. Lumière polarisée, grossissement = 25 diam. La coupe montre les plagioclases de plus petite dimension que les éléments ferro-magnésiens, emprisonnés dans les cryptes.

N 1153. Tilaïte au bas le col de Garéwaïa en descendant sur Katéchersky. Lumière polarisée, grossissement = 25 diam. même structure.

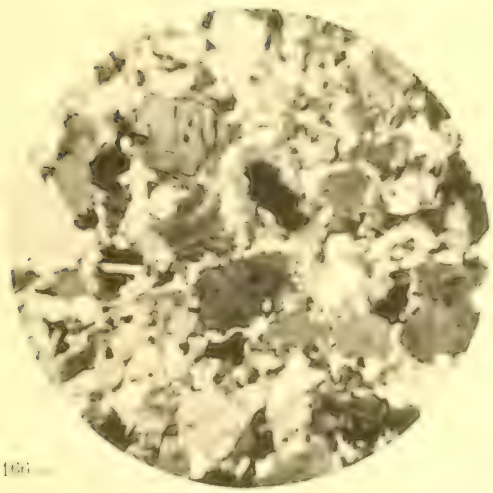
N 1109. Gabbro à olivine, forme de passage aux Tilaïtes. Sommet de la dernière extrémité de l'arête B. Grossissement = 25. Lumière polarisée. Les feldspaths sont plus abondants et plus gros que dans les tilaites.

N 1104. Norite. Piton sur le col entre la pointe Loss et le petit sommet qui précède Cérébriansky. Grossissement = 25. Lumière polarisée. La coupe montre un grand cristal d'hypersthène, accollé à du diallage.

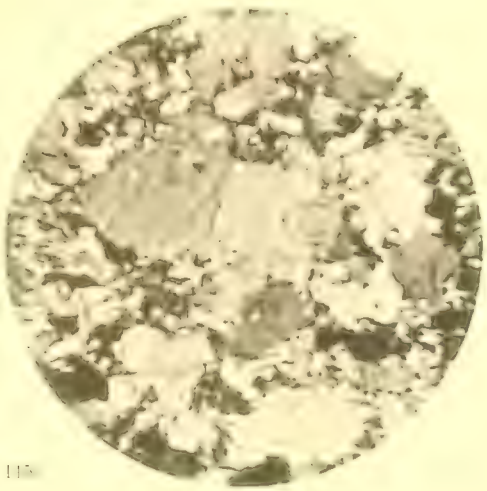


N° 1053

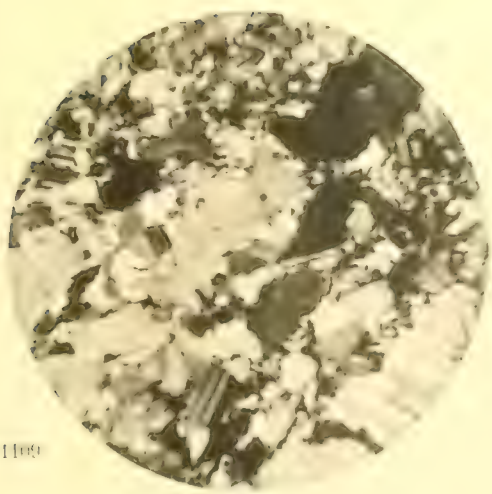
N° 1125



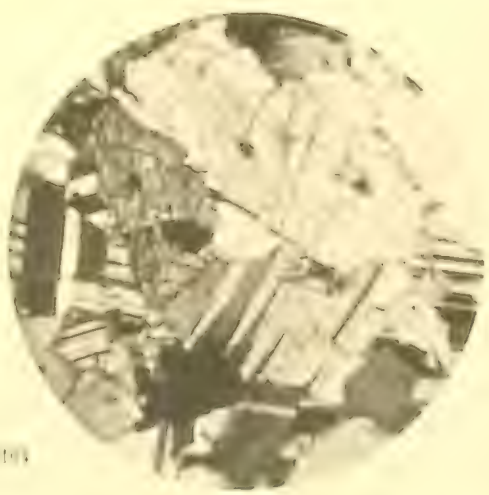
N° 166



N° 115



N° 1069



N° 1191

EXPLICATION DE LA PLANCHE 34

N° 1116. Norite arête C. Grossissement = 50 diam. Lumière polarisée. La coupe montre les micro-pegmatites de magnétite.

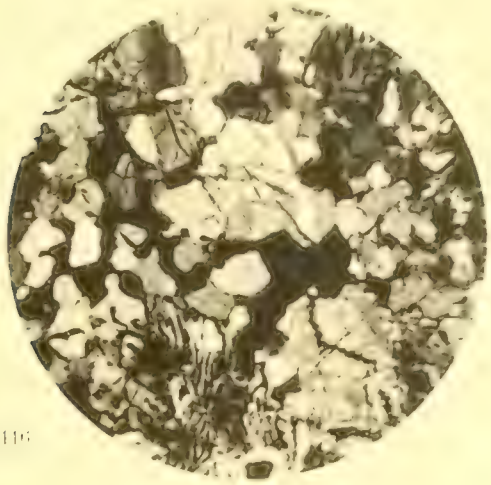
N° 1120. Gabbro ouralitisé, sur l'arête D près du Cérébriansky. Grossissement = 14 diam. Lumière polarisée.

N° 1083. Gabbro ouralitisé sur l'arête C. Grossissement = 25 diam. Lumière polarisée.

N° 165 *b*. Berbachite, entonnoir des sources de Garéwaïa. Grossissement = 50 diam. Lumière polarisée. Structure panidiomorphe grenue ; le feldspath kaolinisé forme les taches sombres.

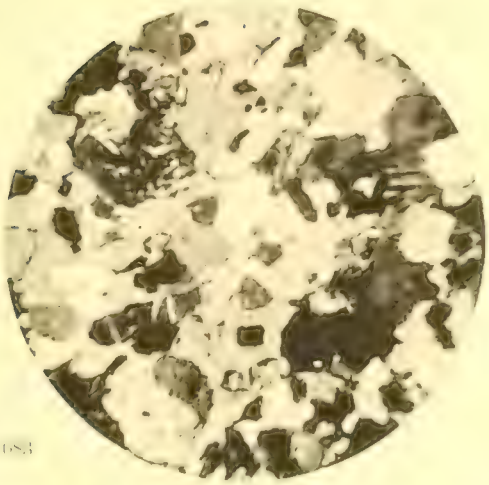
N° 160. Dunite filonnienne entonnoir de Garéwaïa. Grossissement = 25 diam.

N° 1142. Micro-pyroxénite. Extrémité supérieure du ravin de la rivière Jow, rive gauche. Grossissement = 25 diam. Lumière polarisée.

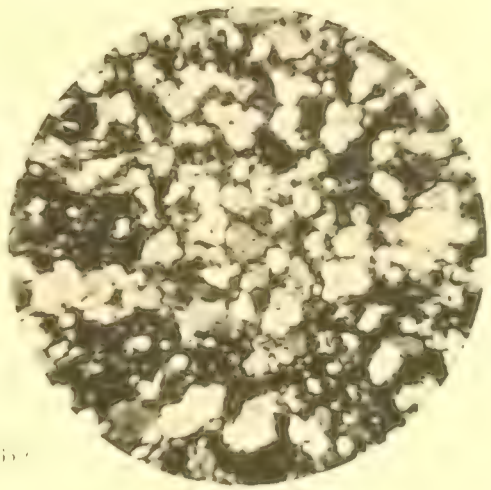


N° 1116

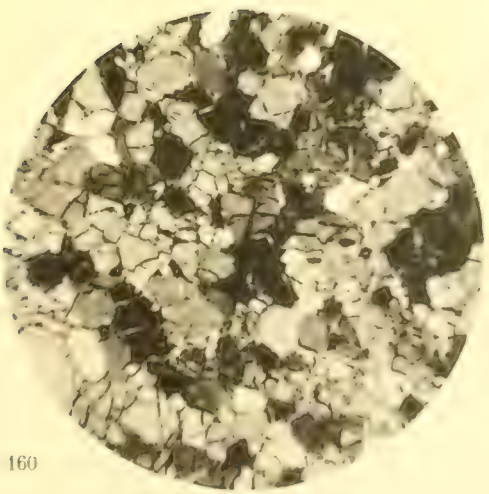
N° 1120



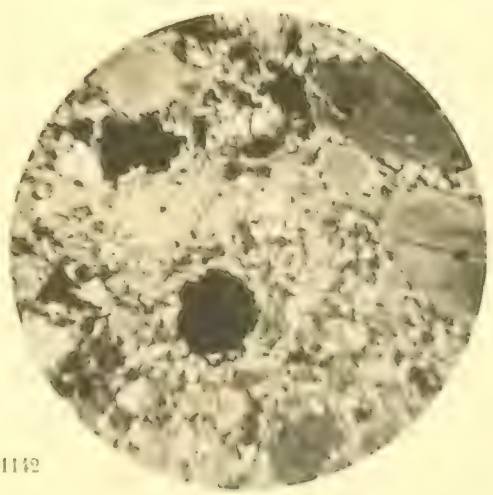
N° 1083



N° 165[illegible]



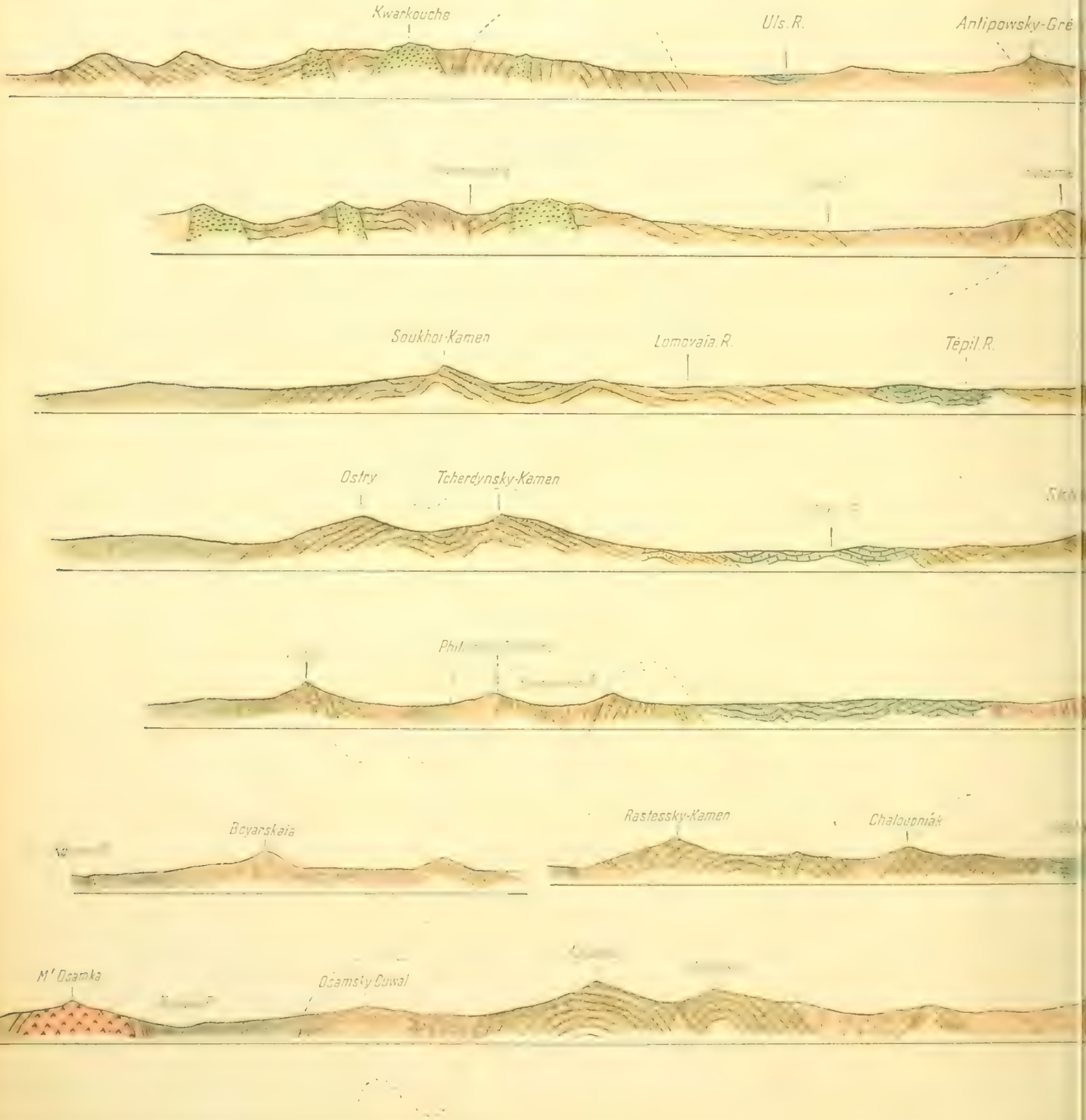
N° 160



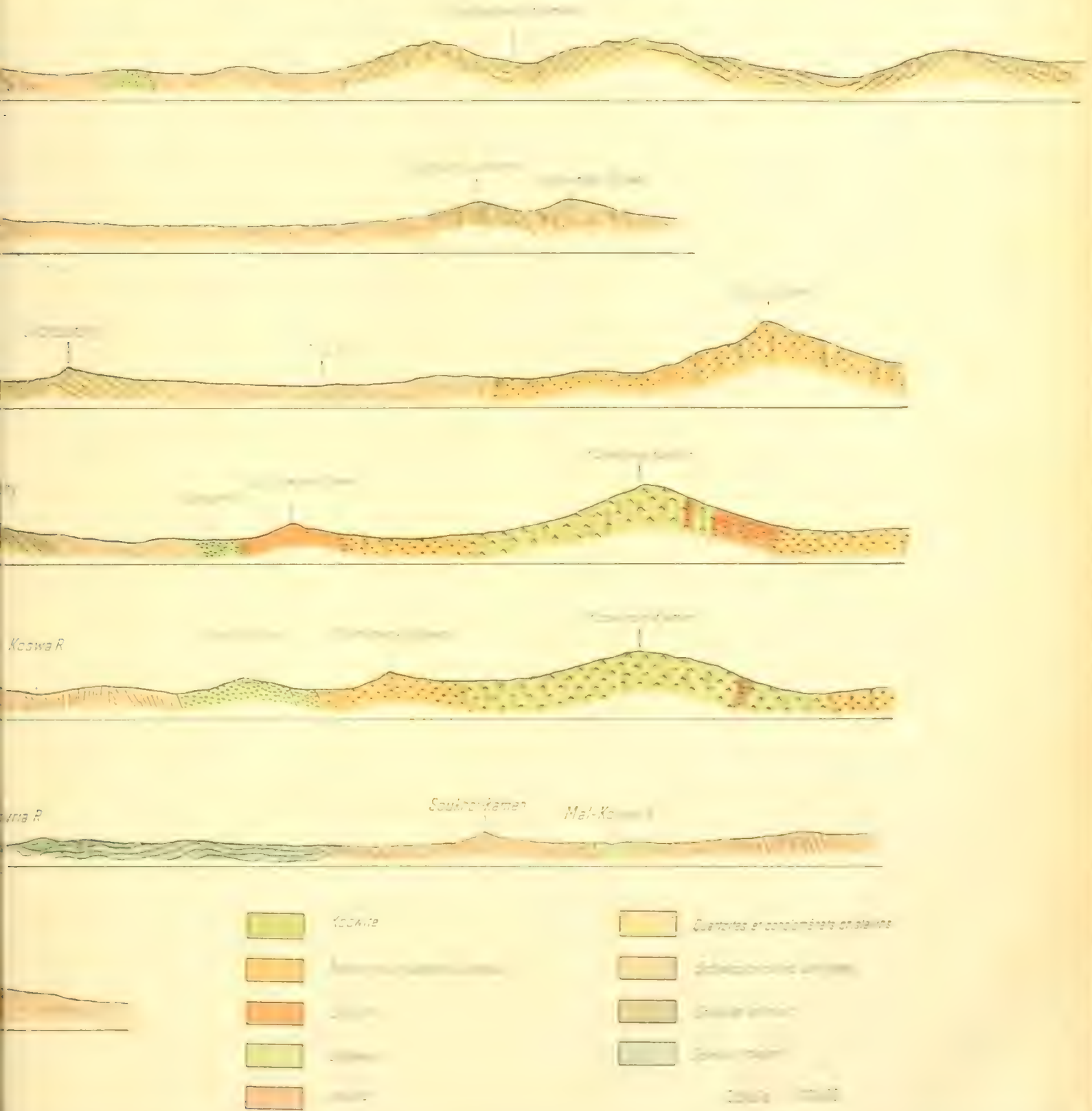
N° 1142

Louis Duparc et Francis Pearce. Recherches pétrographiques sur l'Oura

Profils à travers la zone des q



artzites et le synclinal de Tépil.



PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de deux collections complètes de ses *Mémoires*. (Tomes I-XXXIII et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : au Musée d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXI (1884-1904). Prix Fr. 20

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896). Prix . . . . . Fr. 4

Imprimerie W. Kundig & Fils, Genève.

3 5185 00288

DEC 69

N. MANCHESTER,
INDIANA